

# RISCE Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos

*NOVIEMBRE 2010*  
Número 6, Volumen 2, Año 2



e  
a  
n  
d  
r

**RISCE** Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos; es una publicación bimestral del Instituto Politécnico Nacional, Av. Luis Enrique Erro S/N, unidad “Profesional Adolfo López Mateos”, Del. Gustavo A. Madero, C.P. 07738, México D.F. a través de la Escuela Superior de Computo; Av. Juan de Dios Bátiz S/N esquina Miguel Othón de Mendizábal. “Unidad Profesional Adolfo López Mateos”. Col. Lindavista C.P. 07738, México, D. F. tel. 57296000 ext. 52000. Certificado de reserva de Derechos al uso Exclusivo del título No. 04-2008-062613190500-203, ISSN en trámite. Los artículos son responsabilidad exclusiva del autor y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos que se especifique lo contrario. Se autoriza la reproducción total o parcial, siempre y cuando se cite explícitamente la fuente.

La revista se especializa en el área de los sistemas computacionales y electrónicos; tanto en el desarrollo, como en la investigación en:

- Ciencias de la Computación
- Cómputo educativo
- Cómputo Móvil
- Comunicaciones
- Disciplinas Emergentes
- Electrónica
- Física Electrónica
- Ingeniería de Cómputo
- Ingeniería de Software
- Innovación Tecnológica
- Inteligencia artificial
- Matemática computacional
- Procesamiento de señales
- Robótica y cibernética
- Sistemas de Información
- Tecnologías de la Información

### **Distribución**

La revista cuenta con 300 ejemplares que se distribuyen en:

Europa, Asia y América Hispana; mediante CD ROM y correo electrónico

## Directorio



### INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**DRA. YOLOXÓCHITL BUSTAMANTE DÍEZ**  
DIRECTORA GENERAL

**ING. JUAN MANUEL CANTÚ ALVAREZ**  
SECRETARIO GENERAL

**DR. EFREN PARADA ARIAS**  
SECRETARIO ACADEMICO

**DR. JAIME ALVAREZ GALLEGOS**  
SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

**ING. ERNESTO MERCADO ESCUTIA**  
SECRETARIO DE SERVICIOS EDUCATIVOS

**ING. OSCAR JORGE SÚCHIL VILLEGAS**  
SECRETARIO DE EXTENSIÓN E INTEGRACION SOCIAL

**M. EN C. FERNANDO ARELLANO CALDERON**  
SECRETARIO DE GESTION ESTRATEGICA

**C.P. ROBERTO ALVAREZ ARGUELLES**  
SECRETARIO DE ADMINISTRACION

**LIC. JUDITH CLAUDIA RODRIGUEZ ZUÑIGA**  
DEFENSORA DE DERECHOS POLITECNICOS



### ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

**ING. APOLINAR FRANCISCO CRUZ LÁZARO**  
DIRECTOR

**DR. FLAVIO ARTURO SÁNCHEZ GARFIAS**  
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

**DR. JESÚS YALJÁ MONTIEL PÉREZ**  
JEFE DE LA SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**LIC. ARACELI LOYOLA ESPINOSA**  
SUBDIRECTORA DE SERVICIOS EDUCATIVOS E INTEGRACIÓN SOCIAL

**M. EN C. JUAN VERA ROMERO**  
SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO

**DR. EDUARDO BUSTOS FARÍAS**  
EDITOR DE RISCE

## **Miembros del comité Revisor**

(Todo el comité técnico está formado por doctores en ciencias o su equivalente)

Francisca Losavio de Ordaz (Venezuela) (Universidad Central de Venezuela)

Alfredo Matteo (Venezuela) (Universidad Central de Venezuela)

Emmanuel F. Moya Anica (México)

Edgardo Manuel Felipe Riverón (Cuba) (México) (CIC)

Luis Enrique Palafox Maestre (México)

Eduardo F. Caicedo Bravo (Colombia)

Hilda Ángela Larrondo (Argentina)

Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez (Perú)

Elizabeth León Guzmán (Colombia)

María Cecilia Rivera (Chile)

Satu Elisa Schaeffer (Finlandia) (UANL)

Rafael Canetti (Uruguay)

Javier Echaiz (Argentina)

Pablo Belzarena (Uruguay)

Carlos Beltrán González (Italia) (Università di Genova)

Elena Fabiola Ruiz Ledesma (México)

Jonatan Gómez (Colombia)

Armando De Giusti (Argentina)

Juan José Torres Manríquez (México)

Jesús Yaljá Montiel Pérez (México)

Luis Alfonso Villa Vargas (México)

Marco Antonio Ramírez Salinas (México)

Félix Moreno González (España) (UPM)

Salvador Godoy Calderón (México) (CIC)

José Luis López-Bonilla (México) (IPN ESIME ZAC)

Lorena Chavarría Báez (México)

Miguel Santiago Suárez Castañón (México)

## INDICE

<b>Performance Characterization Parameters on Voice and Data Transmission in User Equipments to Cellular Networks.....</b>	<b>6</b>
Montserrat Jiménez Licea, Sergio Vidal-Beltrán, José Luis López-Bonilla .....	
<b>Detección de abrazos mortales en bases de datos distribuidas mediante un algoritmo de sondeo .....</b>	<b>15</b>
Fabiola Ocampo Botello, Roberto De Luna Caballero, José Sánchez Juárez .....	
<b>Evaluation Method for RFC-2544 standard of the Internet Engineering Task Force device networks.....</b>	<b>21</b>
F. D. Felipe, M. M. Acevedo, M. M. Sánchez .....	
<b>Seguridad Estática Utilizando Equivalentes (REI, Ward) .....</b>	<b>29</b>
José Francisco Aparicio Pulido, Daniel Olguín Salinas .....	
<b>Nuevo Método para Calcular la Exponencial de una Matriz.....</b>	<b>46</b>
José Roberto Mandujano .....	
<b>Análisis de la Linealidad de los Arreglos Punta Plano como Dispositivos de Medición de Alta Tensión con Corriente Directa.....</b>	<b>57</b>
Alberto Rafael Portillo Méndez, Víctor Manuel Salazar del Moral, Javier Herrera Espinosa.....	
<b>La Situación Laboral y la Equidad de Género en los Egresados de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional.....</b>	<b>65</b>
Virginia Medina Mejía José Hajar Miranda, Román Pamatz Reyes.....	
<b>Curiosidades sobre la Criptografía en hechos que dejaron marca en el mundo.....</b>	<b>72</b>
Héctor Oviedo Galdeano, José Antonio López Toledo .....	
<b>Instrucciones para los autores .....</b>	<b>82</b>

# ***Performance Characterization Parameters on Voice and Data Transmission in User Equipments to Cellular Networks.***

*Montserrat Jiménez Licea, Sergio Vidal-Beltrán, José Luis López-Bonilla*

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Edif. Z-4, 3er piso, Col. Lindavista, CP 07738, México, DF

E-mail: jlopezb@ipn.mx

*Abstract — This work presents the experimental results about performance measurements in GSM and GPRS cellular data networks. Two user equipments (UE) were used, in order to take place the scenario.*

Keywords — *GSM, GPRS, Cellular Networks*

## **Introduction**

Cellular networks were created to transmit voice calls, but currently, it is able to carry multimedia services like data and video. In the following section, the cellular communication generations are described.

### **FIRST GENERATION (1G).**

The 1st Generation in cellular networks appeared in the market in 1979 and its principal characteristics were the analogical system and that was just for voice transmission. The quality of link was very poor; it had low speed, around 2,400 bauds. If we are talking about the transfer among cells it became imprecise, because its capabilities were low (It was based in FDMA (Frequency Division Multiple Access)), in addition that system did not have a security scheme. The most important technology in that moment was AMPS (Advanced Mobile Phone System) [1].

### **SECOND GENERATION (2G).**

The 2G arrived in 1990, the most important characteristic in that technology is that it was digital [1]. The 2G system uses different coding protocols more sophisticated than the last generation and nowadays it is used by the current cell phone systems. The predominant technologies are: GSM (Global System for Mobile Communications); IS-136 (it is known like TIA/EIA136 ó ANSI-136), CDMA (Code Division Multiple Access) y PDC (Personal Digital Communications), this last one it is used in Japan.

The protocols employed in the systems 2G can support high speeds of transmitted voice, but it has a limit on data transmission. It is possible to offer auxiliary services like: data fax, SMS (Short Message Service). Most of protocols into 2G offered a lot of different coding levels. At United States 2G are known like PCS [1].

### **THIRD GENERATION (3G).**

The main features of the 3G are the voice convergence and wireless access on data, in other words, it can be utilized for multimedia applications and high bit data rates. The protocols have been used by the 3G systems can support high speed of transmission and it is focused to applications beyond the voice, just like audio (MP3), real time video, video conference and the quickly access to the Internet, this only to mentioning some of them.

The next Table shows the comparison about the cell phone generations. [1]

Table 1: Cell Phone Generations

	1G	2G	3G
	Analogical	Digital	Digital
Access Techniques	FDMA	TDMA	CDMA
Services	Voice	Voice and SMS	Applications video and audio in real time videoconference, Quickly access to the Internet.

The 3G systems will have to provide support for applications like:

- Voice on narrow band on multimedia services in real time and wide band.
- Support on data of high speed to navigate in World Wide Web, it has to deliver information, as well as, news, traffic, and economy news by pushing techniques and remote wireless access to the Internet and Intranets.
- Unified services of messages like multimedia e-mail.
- Applications for business by e- mail, that includes operations and shopping on line.
- Video /audio applications in real time like videophone, interactive videoconference, a lot of music and special multimedia for medical applications or remote security supervision.

#### PERFORMANCE PARAMETERS IN MOBILE TERMINALS IN GSM SYSTEM

The mobile terminal is a critical issue inside of a Cellular Communication System, due to its characteristics of transmission and reception; they defined the quality in the data and voice transmission. In this work, some experiments of the most important parameters in Mobile terminal were carried out. The following figure shows the scenery that is necessary to set up to be able to get the experimental results [2,3].

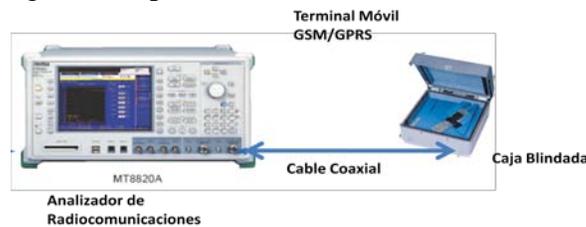


Figure 3. Scenery of Radio test

#### Experimental scenario

The elements that are necessary to figure out the experimental scenery are:

- MT8820A Radiocommunications Analyzer, it has a range of frequencies between 30 MHz to 2.7GHz, The range result enough to get the experimental measures into the cell phones. This equipment allowed getting measurements of Transmission/Reception in technologies like: W-CDMA/HSDPA, GSM/GPRS/EGPRS, cdma2000, 1x (IS-2000), cdma2000 1xEV-DO, PDC and PHS/ADVANCED. [2-3]
- Shielded Box is used to avoid interferences from the surrounding Base Stations. Such device works between 800 and 2500MHz, and gives 60 dB of isolation. [2-3]
- Coaxial cable is used to connect the MT8820A to the Shielded box. Type-N connectors are used
- Two mobile terminals that operate in GSM, as much as WCDMA; they are iPhone 3G and Nokia 6210.

- A USIM card is installed for the test. It was necessary to register the USIM with the Radiocommunications analyzer.

#### Power measurements in voice calls

Tests were made in the Radiocommunications Laboratory of the Master Degree in Telecommunications Engineering (IPN). Once the equipment were properly installed, the following procedure took place [4].

- The Radiocommunications analyzer was powered up, and the technology parameters were configured, according to GSM, GPRS, EDGE or WCDMA technology.
- Voice transmission parameters were configured, in order to establish a voice call.
- The UE is powered up and was placed into the shielded box. The shielded box allows to focus on the power inside the box and avoiding electromagnetic interferences from the surrounding cellular antennas
- The MTT8820A is configured with a power between -40dBm to -50dBm
- UE establish communications with the Analyzer and the state *Registered* have to appear in the MT8820A's screen.
- The power level was slowly decremented until the Analyzer detects errors
- The Power levels are registered, as much as the errors that the Analyzer captured

#### Data Transmission Measurements

Once the equipment, described in the previous section, was properly installed, the following procedure took place.

- The Radiocommunications analyzer was powered up, and the technology parameters were configured, according to GSM, GPRS, EDGE or WCDMA technology.
- Voice transmission parameters were configured, in order to establish a voice call.
- The UE is powered up and was placed into the shielded box. The shielded box allows to focus on the power inside the box and avoiding electromagnetic interferences from the surrounding cellular antennas
- The MTT8820A is configured with a power between -40dBm to -50dBm
- UE establish communications with the Analyzer and the state *Registered* have to appear in the MT8820A's screen.
- A data Server (http) is connected into the same network segment that the MT8820A, and the connectivity between them is verified
- The UE makes a data request in order that to download a file with a size previously defined
- The download times are registered.

## Power measurements in voice calls for GSM

Figure 5, shows the parameters set up of the MT8820A for GSM. [5]

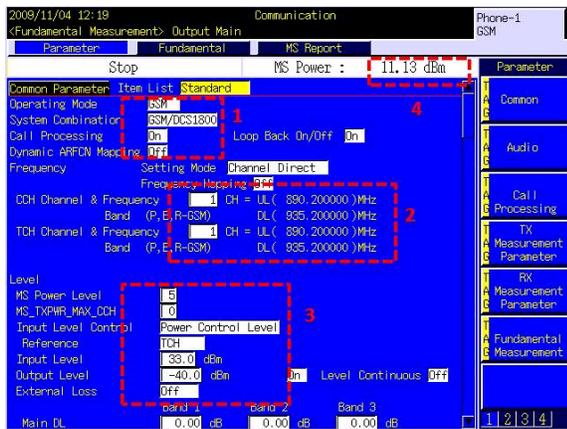


Figure 5. Configuration Parameters in GSM

In the Figure 5, in the first part has showed that GSM is configured, in the part 2, just like the frequency in the channel in the downlink and uplink; The power in the base station is specified in the section 3 (-40dbm), the power in the mobile station (33 dbm) and it is used the control of power, the last in the part 4 it is showed the power in the base station that it is received for the mobile station (11.13 dbm).

Initially, the measurement was made on the Nokia 6120, those were: Level power, Power vs Time, Modulation Analysis, Modulation Spectrum, (BER) Bit Error Rate, the performance in the mobile terminal shows an acceptable level in the range allowed in the specification, the Figures 6-7 show some results.

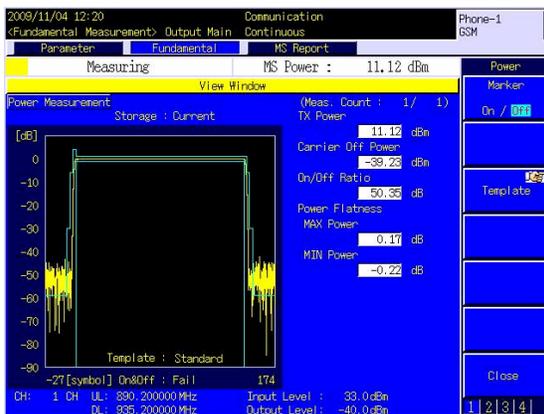


Figure 6. Power measurement

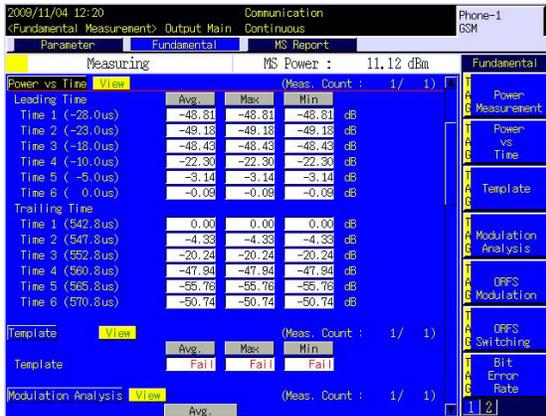


Figure 7. Measurement Power vs time

In this scenery, it does not appeared errors, because the communication is efficient.

### Minimum reception POWER MEASUREMENTS IN VOICE CALLS

The second part of the test consists in decreasing the power level of the base station detecting errors in the transmission, the power in which the Nokia equipment established the communication without errors is -86 dbm.

The same test was applied to the mobile iPhone, the power where error came up were -80dbm. The Figures 8-9 show the results got for this mobile.

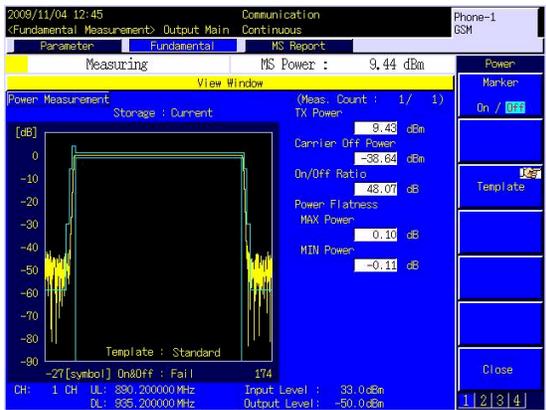


Figure 8. Power measurement

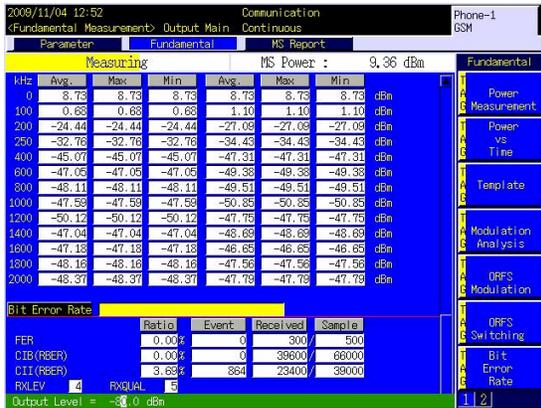


Figure 9. Measurements of BER

It should be pointed out that Nokia 6120 as iPhone initially satisfy the measurements parameters. As much as the power level is decreased differences between them appear. It should be pointed out that initially the Nokia 6120 as iPhone satisfy the measurements parameters. Once the power level is decreased, we can notice that the Nokia 6120 has better reception sensitivity; the errors in the transmission are detected until -86dBm, and the minimum power level without errors for the iPhone is -80dBm. This difference (6dBm) is a big deal, due to the distance that the Nokia can establish a voice call is greater than iPhone.

### GPRS Tests Measurements

When the UE is able to support GPRS, external data transmission parameters can be characterized. These measurements just can take place when GPRS and WCDMA networks are considered [4].

The configurations parameters are shown in Figure 10.



Figure 10. Power measurement

In the last figure (Figure 10) we can appreciate that GPRS system is configured; the power level of the base station (-40dBm), the power of the mobile terminal (33dBm), just like the power in the channels likewise establishes the power control. The Base Station receives 7.89 dBm of power of the mobile terminal. It is possible to established different types of tests (Test Mode A, Test Mode B, BLER y External Packet). In this work is just used mode BLER to prove the capacity of reception in the mobile terminal, to a

measurement of power of the base station decreases. The Figure 11 shows the power in which the mobile station starts to present errors.

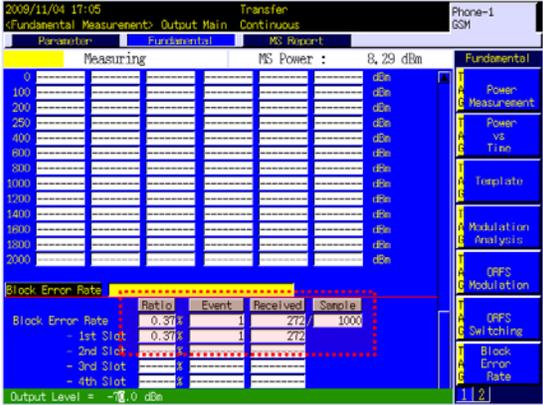


Figure 11. Measurements of BLER

GPRS contains different modulation schemes, to compensate the errors in the transmission in respect to the distance increase [6,7].

The modulation scheme that it is used first is CS-4, it has the highest bit rate transmission of data, that scheme is used when the base station is closer to the mobile device.

The modulation scheme CS-1 is the most robust, because it has more bit of redundancy, but it presents the lowest bit rate transmission [6,7].

When the station mobile works with CS-1, the terminal presents errors in -76dbm.

The Table 5.1, shows a resume with the obtained results for Nokia and iPhone UEs

*Table 5.1. Experimental results for GPRS*

User Equipment	Minimum power level without errors	Coding scheme
Nokia 6120	-70dBm	CS-4
Nokia 6120	-76dBm	CS-1
iPhone	-64dBm	CS-4
iPhone	-69dBm	CS-1

Only the Coding schemes CS1 and CS4 were used, in order to consider the best and the worst scenario.

External data measurements

In order to make these measurements the Mt8820A, a web server, a shielded box and two UE were used. A Data file was requested for the UE to the server. The MT8820A is used as a base Station and is able to capture all the parameters considered. The following scenario was installed Figure 12:



The IP network segment 172.168.1.X was used with a network mask with 24 bits. Table 5.2 shows the IP Addressing scheme used

<b>IP of the Server</b>	<b>172.168.1.183</b>
<b>IP of the MT8820A</b>	172.168.1.101
<b>IP of the UE</b>	172.168.1.99

The Attached State have to be reached in order to get communication between the MT8820A and the UE. Once the communication is established connectivity test was made. The attached state synchronize the UE with the network.

The Figure 13 shows that the communications at the IP level is established without problems.

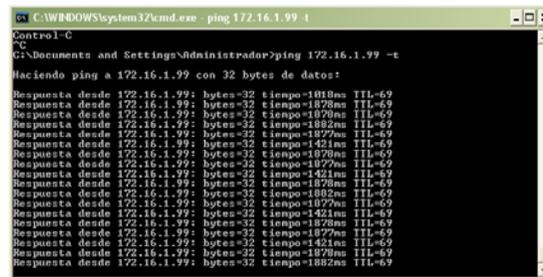


Figure 13. Ping test

From the above Figure, it could be pointed out that the time to get an answer from the UE is greater than the time observed for LAN networks, while the answered for the MT8820A is 3ms, the UE did it in 1 second

Once the scenario was installed, the data transfer can take place, the data rate can be measured and different coding schemes were used. The size of the file was 200KB, the experimental results are shown in the Table 5.2

Table 5.2. Experimental data rates for GPRS

Size file (KB)	Size file in bits	Coding Scheme	Transfer time (seconds)	Measured Data Transfer (Kbps)	Theoretical Data Transfer (Kbps)
200	1600000	CS1	240.00	6.67	8000

200	1600000	CS2	167.33	9.56	12000
200	1600000	CS3	143.11	11.18	14400
200	1600000	CS4	110.00	14.55	20000

As is showed in the Table above, there were differences between the theoretical data and the measured data transferred. This fact can be an effect of the signal delay when travels from the MT8820A to the UE. It should be remembered that the test was made using just one channel. GPRS has 4 channels available. Additionally, it has to be considered that in data communications, the OSI layered protocol is used; and each layer, aggregates information to the original data.

### Conclusions

In this paper is shown the experimental results done to the two mobile terminals in GSM and GPRS systems. It was verified in the beginning that the terminals have the required specifications. Later they were measure in which the terminals started to present errors, and it results indicators of the ratio of the cells. For the transmission of data, it was found the power limits changing the modulation schemes. The limit power is an important data for designing and planning of a radio network. This task established the tests for a deep analysis from the point of view of coverage in capacity of radio. In future tasks analysis of capacity in transmission will be presented depending on the distance, slots and modulation schemes. It should be remarked that this kind of research is important, due to their results has a great impact at different levels; like that planning, research, manufacturing, scientific and academic areas.

### References

- [1] *WCDMA for UMTS-HSPA Evolution and LTE*, Harri Holma and Antti Toskala, Wiley, Fourth edition 2007
- [2] Practical Tips on WCDMA Measurements, Application Note No. 11410-00378, Rev. B Printed in United States 2008-09.
- [3] *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones*, Roy Blake, Thomson, Second Edition 2004
- [4] Application Note No 11410-00378 Rev. B, "Practical Tips on WCDMA Measurements", Anritsu, 2009. Available in: <http://www.us.anritsu.com>.
- [5] Keiji Tachikawa, *WCDMA Mobile Communications System*, John Wiley & Sons, 2002
- [6] Harri Holma and Antti Toskala, *WCDMA for UMTS- Radio Access for Third Generation Mobile Communications*, John Wiley & Sons, 2004.
- [7] Christophe Chevallier, Christopher Brunner, Andrea Garavaglia, Kevin P. Murray, Kenneth R. Baker, *WCDMA Deployment Handbook Planning and Optimization Aspects*, John Wiley & Sons, 2006.

# *Detección de abrazos mortales en bases de datos distribuidas mediante un algoritmo de sondeo*

*Fabiola Ocampo Botello<sup>1</sup>, Roberto De Luna Caballero<sup>1</sup>, José Sánchez Juárez<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Escuela Superior de Cómputo, ESCOM – I.P.N. Av. Juan de Dios Bátiz Esq. Miguel Othón de Mendizabal, S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos. Col. Lindavista. CP. 07738. México D.F.

E-mail: [focampob@ipn.mx](mailto:focampob@ipn.mx), [rdeluna@ipn.mx](mailto:rdeluna@ipn.mx). Tel. 57-29-6000 ext. 52032

**Resumen.** Una de las áreas de estudio en las bases de datos distribuidas es el control de concurrencia, el cual asegura que durante la ejecución concurrente de diversas transacciones en un sistema multiusuario distribuido la base de datos se mantenga en un estado consistente, aún en la presencia de fallas de hardware o software. Uno de los problemas que se presenta en los métodos de control de concurrencia que manejan candados es la presencia de los abrazos mortales (también llamados interbloques, *deadlocks*, bloqueos mutuos o candados mortales), los cuales, una vez presentes, se convierten en un fenómeno permanente debido a la exclusión mutua en el acceso a los recursos y la espera de las transacciones para la obtención de los datos. En este artículo se presenta la descripción de un algoritmo para detectar abrazos mortales en una base de datos distribuida aplicando un algoritmo de sondeo.

**Palabras clave:** bases de datos distribuidas, abrazos mortales, modelos de abrazos mortales.

**Abstract.** One area of study in the distributed database is concurrency control, which ensures that during the concurrent execution of several transactions in a distributed multiuser database is maintained in a consistent state, even in the presence of hardware or software failures. One problem that occurs in the concurrency control methods that handle locks is the presence of deadlocks, which, once present, become a phenomenon permanently, due to mutual exclusion in access to resources and transactions wait for access data. This article presents the description of an edge - chasing algorithm to detect deadlock in a distributed database.

**Keywords:** distributed databases, deadlocks, deadlocks models.

## **Introducción**

Las bases de datos distribuidas surgen de dos áreas diametralmente opuestas: las bases de datos relacionales y las redes de computadoras, las cuales en los años 70's tuvieron un gran auge debido al crecimiento que tuvieron las empresas y a la necesidad de contar con información accesible y actualizada.

Una base de datos distribuida es una colección de datos que se encuentran lógicamente relacionados y físicamente distribuidos en los nodos de una red (Ceri, 1985), los cuales tienen la propiedad de ser autónomos, es decir, son capaces de procesar una transacción de forma individual o participar con otros nodos de forma global en el procesamiento de una transacción.

Una transacción es la unidad básica e indivisible de procesamiento en un Sistema Manejador de Bases de Datos (SMBD), la cual contiene una serie de operaciones de lectura, cálculos y escritura.

De manera formal, una transacción se define como: “Una Transacción  $T_i$  es una relación de orden parcial  $<_i$ , que cumple:

1.  $T_i \subseteq \{r_i[x], w_i[x] \mid x \text{ es un dato} \} \cup \{a_i, c_i\}$ ;
2.  $a_i \in T_i$ , si y sólo si  $c_i \notin T_i$ ;
3. Si  $t$  es  $c_i$  o  $a_i$  (cualquiera de las dos en  $T_i$ ), para cualquier operación  $p \in T_i$ ,  $p <_i t$ ; y
4. Si  $r_i[x], w_i[x] \in T_i$ , entonces se cumple  $r_i[x] <_i w_i[x]$  o  $w_i[x] <_i r_i[x]$ .” (Berstein, 1987, p. 27)

La definición anterior, en el primer punto define los tipos de operaciones de la transacción, en el punto dos, se considera la posibilidad de terminar exitosamente o cancelar, pero no ambas; la condición tres contempla que cualquier operación de lectura o escritura precede a una operación de terminación exitosa o cancelación y la condición cuatro, establece un orden secuencial entre las operaciones que comprenden una transacción.

Las cuatro propiedades ACID de una transacción son:

1. **Atomicidad.** Es la propiedad “todo o nada”, es decir, al ser la transacción una unidad indivisible, se ejecutan todas sus operaciones o ninguna de ellas. La actividad de terminar exitosamente una transacción se llama aceptación (*commitment*) y la no terminación se llama cancelación (*abort*).
2. **Consistencia.** Se refiere a la ejecución correcta de la transacción, entendiéndose por “correcta” a la acción de dejar la base de datos en un estado consistente.
3. **Independencia** (también llamada aislamiento). Las transacciones se ejecutan independientemente unas de otras, provocando que los efectos parciales producidos por dichas transacciones no sean visibles a otras, evitando con esto las cancelaciones en cascada o el efecto dominó.
4. **Durabilidad.** (también llamada persistencia). Los efectos de una transacción terminada exitosamente son registrados permanentemente en las base de datos y no pueden ser deshechos. El sistema debe garantizar que los resultados nunca serán perdidos, independientemente de fallas subsecuentes.

Las transacciones han sido clasificadas considerando diversos criterios. Un criterio es el tiempo que dura la ejecución de la transacción (en línea o en *batch*). Otro esta asociado a la forma en que se organizan las operaciones de lectura y escritura dentro de ellas, intercalando las operaciones de lectura y escritura sin un orden específico; o el de dos pasos, en el cual se ejecutan primera todas las lecturas y después las escrituras; o el restringido o lectura–antes–que escritura, en el cual se ejecuta la lectura del dato en cuestión antes de proceder a la actualización; pudiendo existir la combinación de algunos de estos (Ozsu, 1999).

La ejecución de las transacciones como unidad fundamental de procesamiento en un SGBD se lleva a cabo mediante la creación de planes, los cuales incorporan de forma intercalada las operaciones de diversas transacciones. El proceso de organizar la secuencia de operaciones de dichas operaciones dentro del un plan se realiza considerando la teoría de control de concurrencia con la finalidad de reducir la presencia de diversos problemas, entre ellos el de los abrazos mortales.

Como se mencionó anteriormente, un plan de un conjunto de transacciones  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$  especifica el orden intercalado de la ejecución de las operaciones de las transacciones.

## Gráfica de Espera

Una gráfica de espera por transacción (*TWFG Transactions Wait For Graph*) es una gráfica dirigida en la cual los nodos corresponden a las transacciones y un arco dirigido de la transacción  $T_i$  a la transacción  $T_j$  significa que la transacción  $T_i$  espera por un recurso actualmente ocupado por  $T_j$ . Un abrazo mortal puede ser detectado si al analizar la gráfica de espera en ella existe un ciclo.

Existen cuatro condiciones para que ocurra un abrazo mortal (Trujillo Ferrara, 2004):

1. Exclusión mutua. Si un recurso ha sido adquirido por una o más transacciones, se le niega el acceso a cualquier otro.
2. No apropiación. Los recursos son liberados voluntariamente, ningún proceso puede forzar a liberar los recursos (inclusive los del sistema operativo).
3. Almacena y espera. Una transacción que tiene asignado un recurso, puede solicitar más y esperar a que le sean concedidos.

4. Espera circular. Puede existir un conjunto de transacciones, tal que  $T_0$  está esperando por un recurso que tiene  $T_1$ , y este está esperando por un recurso que tiene  $T_2$ , ...,  $T_{n-1}$  esta esperando por un recurso que tiene  $T_n$  y  $T_n$  esta esperando un recurso que tiene  $T_0$ .

## Modelos de abrazos mortales

Dependiendo de la aplicación, los sistemas de bases de datos permiten diferentes tipos de solicitud de recursos. Por ejemplo: es posible que se necesite el recurso  $x$  y el recurso  $y$  o el recurso  $c$ . A continuación se mencionan algunos modelos en orden a su complejidad y restricciones (Edgar Knapp, 1987).

- Modelo de un solo recurso. Es el modelo más simple, en el cual cada una de las transacciones solicita un solo recurso externo, por lo tanto, el grado máximo de salida de la gráfica de espera por transacción TWFG es de 1. Encontrar abrazos mortales en este modelo significa encontrar ciclos en la TWFG.
- Modelo AND. Este modelo permite la solicitud de un conjunto de recursos. La transacción esta bloqueada hasta que adquiera todos los recursos que ha solicitado, de ahí que se derive el nombre de solicitudes tipo “y” (“AND”). Este modelo ha sido el enfoque clásico que se presenta en los Sistemas Manejadores de Bases de Datos Distribuidas (DDBMS's). Los nodos son llamados “nodos AND” y pueden tener un grado de salida mayor a 1 en la TWFG. El problema de detectar abrazos mortales se reduce nuevamente a encontrar ciclos en el TWFG.
- Modelo OR. Otro modelo de solicitud de recursos es el llamado OR-Model. En el cual, se garantiza la totalidad de la solicitud con la garantía de uso de cualquiera de los datos solicitados. Por ejemplo, la solicitud de leer un dato replicado se satisface con garantizar el acceso a cualquiera de sus copias. En este modelo, un ciclo dentro del grafo de espera no es suficiente para determinar la existencia de un abrazo mortal.
- Modelo AND-OR. Este modelo generaliza los dos modelos anteriores, AND y OR, en el cual, se puede dar cualquier combinación de solicitud de recursos de la forma “a o (b y (c o d))” los cuales pueden estar en distintos sitios. Realmente no existe un estudio formal para construir una teoría gráfica que describa la detección de abrazos mortales en este modelo a través de un grafo de espera. Aunque se puede aplicar de manera repetida algún algoritmo de los diseñados para el modelo OR considerando que el estado de abrazo mortal es estable.

- Modelo  $\binom{n}{k}$ . El modelo  $\binom{n}{k}$  permite la especificación de solicitudes para obtener cualquier  $k$  recursos disponibles de un repositorio de tamaño  $n$ . Este modelo es una generalización del modelo AND-OR.

- Modelo Irrestringido. Es el modelo mas general, en el cual, no existe un conjunto de restricciones o estructura de solicitudes predefinida, por el contrario, sólo la existencia y estabilidad del abrazo mortal es considerada. Una ventaja de este modelo es que permite la separación de los distintos aspectos: propiedades del cálculo sobre la base de datos están estricta y rigurosamente abstraídos y separados de las propiedades del problema de detección de abrazos mortales. El uso de este modelo esta mas ligado a aspecto teóricos que permiten el establecimiento de otras propiedades estables del abrazo mortal, sin embargo, al generalizar la detección del abrazo mortal conduce a una importante cuestión acerca de la sobrecarga que podría ser evitada a través de modelos más sencillos.

Continuando con Knapp (1987), se presenta la clasificación que realiza de los algoritmos para la detección de abrazos mortales en bases de datos distribuidas.

## Tipos de algoritmos de detección de abrazos mortales

En general se pueden encontrar cuatro tipos de algoritmos para la detección de abrazos mortales: envío de rutas (*path - pushing*), sondeo (*edge - chasing*), computación difusa (*diffusing computation*) y detección global de estado (*global state detection*).

- Envío de rutas (*path - pushing*). La idea central de este tipo de algoritmos consiste en construir una TWFG en cada sitio. Para el logro de tal objetivo cada sitio envía su TWFG local a los sitios cercanos cada vez que se desea detectar un abrazo mortal. Después de que se actualiza tal gráfica, esta es enviada a los demás sitios, este proceso se realiza hasta que uno de los sitios tiene suficiente información para realizar la detección del abrazo mortal. Uno de los inconvenientes que tienen estos algoritmos es que pueden detectar abrazos mortales *fantasmas*.

- Sondeo (*edge - chasing*). Este tipo de algoritmos envía un sondeo entre los arcos de salida de la gráfica generada en el nodo inicial. Cuando el nodo que inició el proceso de detección de abrazo mortal recibe también un sondeo, se asume que existe un abrazo mortal, debido a que los procesos que se encuentran bloqueados propagan el sondeo a sus arcos de salida, lo cual permite que los procesos que se encuentran en ejecución simplemente inhiben la propagación de tal sondeo.

- Computación difusa (*diffuse computation*). En este tipo de algoritmos la computación difusa se activa cuando un nodo que ejecuta una transacción sospecha que existe un abrazo mortal. Este método se lleva a cabo mediante mensajes de consulta y respuesta, en donde la estructura del TWFG se refleja implícitamente en la estructura de la computación, la cual crece debido a los mensajes de consulta y se encoge por las respuestas recibidas. El nodo raíz es el que inicia la computación difusa, cuando el cálculo se ha contraído hasta su raíz se termina la computación difusa y se declara la existencia de un abrazo mortal.

- Detección global de estado (*global state detection*). Esta clase de algoritmos buscan tener un estado global del sistema para la detección de un abrazo mortal, una especie de fotografía que les permita la detección de un forma más sencilla, sin suspender de manera temporal el cómputo subyacente de las operaciones de la base de datos, el cual es una colección de procesos que incluye a los manejadores de transacciones y a los agentes, tales procesos se comunican mediante el envío de mensajes conforme un protocolo de dos fases.

## Método

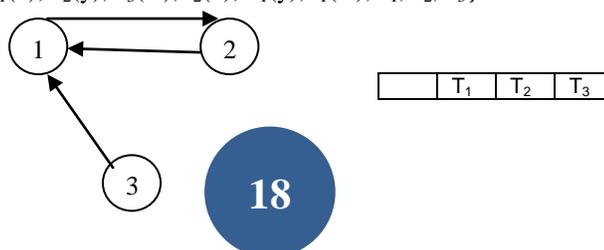
El método utilizado para la realización de este proyecto es el de espiral y prototipos, ya que permite construir versiones inmaduras pero funcionales del sistema, repitiendo el ciclo de análisis, mejora y corrección de errores de manera que después de varias iteraciones y prototipos generados se llegue a la obtención de un sistema funcional y evolucionado.

## Representación del plan

Basándonos en la representación de las transacciones en una gráfica de espera por transacción y considerando que para que exista un abrazo mortal debe de existir un ciclo en dicha gráfica, se utilizó un arreglo bidimensional para la representación de la gráfica de espera, donde las filas y las columnas representan el origen y el destino de las aristas respectivamente, es decir, cuando una transacción  $T_i$  requiere un dato que esta siendo ocupado por otra transacción  $T_j$  se coloca un número 1 en la intersección de los índices  $i, j$  de la matriz y se coloca un número 0 cuando no existe arista entre los nodos, como se muestra en la Figura 1.

Para explicar el funcionamiento del algoritmo se considera el siguiente ejemplo:

Plan de transacciones:  $H = \{e_1(x), e_2(y), e_3(w), l_2(x), l_1(y), l_1(w), c_1, c_2, c_3\}$



T <sub>1</sub>	0	1	0
T <sub>2</sub>	1	0	0
T <sub>3</sub>	1	0	0

Figura 1. Representación gráfica del plan y matriz de representación

### Descripción del algoritmo

Se utiliza el protocolo de candados a dos fases estricto para el manejo de candados sobre los datos. Para identificar de manera única a las transacciones se utilizan estampas de tiempo. Se le llama servidor activo al sitio que inicia el proceso de detección de abrazos mortales y servidores pasivos a los demás sitios.

El servidor activo envía información y solicitudes a los servidores pasivos involucrados en la ejecución de las transacciones del plan. Los servidores pasivos crean una matriz de tamaño  $m \times m$  (donde  $m$  es el número de transacciones en el plan), en la cual se representará a la gráfica de espera de las transacciones, esta matriz es enviada al servidor activo para analizar si existe un abrazo mortal.; además los servidores pasivos envían al servidor activo un mensaje de aceptación por cada solicitud recibida.

Los arreglos utilizados para representar las solicitudes realizadas en cada nodo se presentan en la figura 2:

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
T <sub>1</sub>	0	1	0
T <sub>2</sub>	0	0	0
T <sub>3</sub>	0	0	0

Servidor pasivo 1

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
T <sub>1</sub>	0	0	0
T <sub>2</sub>	1	0	0
T <sub>3</sub>	0	0	0

Servidor pasivo 2

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
T <sub>1</sub>	0	0	0
T <sub>2</sub>	0	0	0
T <sub>3</sub>	1	0	0

Servidor activo antes de la operación lógica OR

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
T <sub>1</sub>	0	1	0
T <sub>2</sub>	1	0	0
T <sub>3</sub>	1	0	0

Servidor activo después de la operación lógica OR

Figura 2. Matrices de representación de las gráficas de espera del plan de transacciones.

Una vez que el servidor activo ha recibido la matriz de todos y cada uno de los servidores pasivos, crea una matriz resultante en el servidor activo realizando la operación lógica OR, con la finalidad de obtener una representación global del estado de las transacciones. Se utiliza dicha operación porque sólo se marca una arista cuando una transacción  $T_i$  espera por una transacción  $T_j$ , sin importar el número de recursos por los que este esperando, debido a que una transacción se debe considerar como una unidad indivisible.

Al obtener la matriz resultante el servidor activo verifica si existe un ciclo en la gráfica de espera realizando el siguiente procedimiento:

Como primer paso se verifica en la gráfica de espera los nodos (transacciones) que no tienen arista de salida, es decir, aquellos nodos que no están en estado de espera, esto se realiza seleccionando aquellas filas en las cuales la suma es 0. Una vez verificados los nodos que no tienen aristas de salida, se coloca un 0 en las columnas correspondientes a dichos nodos.

Siguiendo estos pasos la matriz queda como se muestra en la Figura 3.

	T1	T2	T3
T1	0	1	0
T2	1	0	0
T3	1	0	0

Figura 3. Matriz sin nodos que tenían aristas solo de salida

A continuación se verificarán los nodos que no tienen aristas de entrada, es decir, aquellos nodos que esperan por algún dato que está siendo ocupado por alguna otra transacción, esto se realiza seleccionando aquellas columnas cuya suma es 0. Una vez identificados los nodos sin arista de entrada se procede a colocar un 0 en todas las filas correspondientes a los nodos identificados.

Después de este paso la matriz resultante se presenta en la Figura 4.

	T1	T2	T3
T1	0	1	0
T2	1	0	0
T3	0	0	0

Figura 4. Matriz sin nodos que tenían aristas solo de entrada.

Como se muestra en la figura 5 se presentan los nodos involucrados en el abrazo mortal.

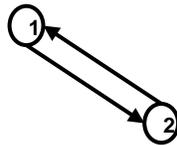


Figura 5. Nodos involucrados en un abrazo mortal

Frente al problema de abrazo mortal, se elige como víctima la transacción con la estampa de tiempo mayor. Este proceso se repite hasta que la gráfica de espera por transacción quede libre de ciclos.

## Resultados

El algoritmo desarrollado es un algoritmo híbrido ya que en él se emplean dos técnicas de control de concurrencia utilizados en bases de datos distribuidas, el protocolo a dos fases y las estampas de tiempo. Una de las ventajas que ofrece este algoritmo es la reducción del espacio de búsqueda de ciclos al representar en la gráfica de espera por transacciones sólo aquellas transacciones que seguramente están involucradas en un abrazo mortal.

Este algoritmo fue implementado por estudiantes del área de ingeniería y financiado por el IPN, fue probado con la introducción de diversos planes de transacción obteniendo resultados satisfactorios en todas las pruebas.

## Bibliografía

- Agrawal R, Carey MJ, McVoy LW (1987) The performance of alternative strategies for dealing with deadlocks in database management systems. *IEEE Trans Software Eng* 13(12): 1348–1363.
- Bell, David & Gimson, Jane. (1992). “Distributed databases systems”. Addison – Wesley.
- Berstein, A. Philip; Hadzilacos, Vassos; Goodman, Nathan. (1987). “Concurrency control and recovery in database systems”. Addison – Wesley. Estados Unidos.
- Bray, Olin. (1982). “Distributed databases management systems”. Lexington Books.
- Ceri, Stefano y Pelagatti, Giuseppe. (1985). “Distributed databases. Principles & Systems”. Mc. Graw Hill. Singapore.
- Knapp, Edgar. (1987). “Deadlock detection in distributed databases”. *ACM Computing Surveys*, Vol. 19, No. 4. Estados Unidos.
- Ozsu, M. Tamer y Valduriez, Patrick. (1999). “Principles of distributed database systems”. 2a Edición. Prentice Hall. Estados Unidos.
- Trujillo Ferrara, José de Jesús. (2004). “Detección de candados mortales en bases de datos utilizando Redes de Petri”. Tesis de Maestría del Departamento de Ingeniería Eléctrica. Cinvestav del IPN. México.

# ***Evaluation Method for RFC-2544 standard of the Internet Engineering Task Force device networks***

*F. D. Felipe<sup>1</sup>, M. M. Acevedo<sup>1</sup>, M. M. Sánchez<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, Cd. de México, México

Phone (55) 57-29-60-00, 54755 E-mail: [ffelipe@ipn.mx](mailto:ffelipe@ipn.mx), [ffelipe100@hotmail.com](mailto:ffelipe100@hotmail.com)

*Abstract* — In this paper a very simple mathematical technique is used for evaluating Internet Networks parameters. The Minimal distance to Ideal Method had been used to evaluate different entities like banks, telecommunications companies and tourism companies. The method is applied to evaluate WLAN's using the Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices proposed by Internet Engineering Task Force. However more parameters can be easily added like WLAN cost or maximum distance to computer users.

*Keywords* — Dimensionless, DUT, Evaluation Method, RFC 2544, Ideal point.

## I. INTRODUCTION

There are several methods and approaches for evaluate a computer network, financial, security, performance, risks, quality of service and others. Many companies have dedicated resources for these tasks. For example metrology companies, have developed measurement equipment as analyzer signal, network testers or sniffers for networks. There are government agencies with similar interests around the world. Professional societies as IEEE have interest groups working continuously making documents about computer network evaluation



Fig 1 Tester for Ethernet lines.

The Ethernet Technology is the most used around the world for network interconnecting devices. The users and managers need performance criteria for demonstrating availability, transmission delay, link burstability and service integrity. The Internet Engineering Task Force (IETF) has made a document (RFC 2544) describing tests to evaluate a network. These tests are Throughput, Latency, Frame loss rate and Back-to-back frames, System Recovery and Reset. It can be added other parameters like jitter. There are many test instruments for measuring these parameters; however is not easy mix the values for report a unique value.

The Minimal distance to Ideal Method allows joining many parameters, different in magnitudes and measurement units in an alone number. This number is dimensionless, making easy evaluate an entity with many parameters. The method was developed in nineties at IPN Mexico. It was used for evaluate telecommunication companies. Each company had many parameters: cost service, quality service, client satisfaction and many others. All parameters have different magnitudes and different measurement units. It is not possible take a decision about the best company without to mix, in such away, all the parameters.

The method builds a multidimensional space with all parameters with a maximum value of one, then is easy obtain only a number to evaluate. The figure 1 shows a three dimensional space.

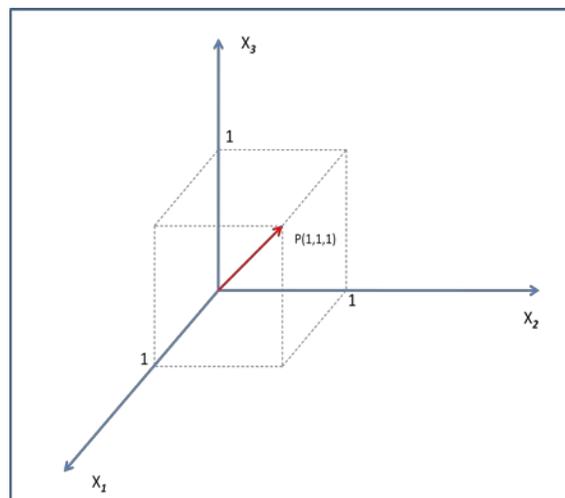


Fig 2

The method have other feature, the user can define the most important parameters, then he can evaluate the entity with his preferences or features important for the problem that he has in this moment.

## II. BASIC CONCEPTS

**Ethernet Networks:** The Internet Engineering Task Force ([IETF](#)) is a international organization dedicated to improve the Internet operation Internet. His technical work is made with many groups organized by topics as routing, transports, security and others.

The actual technical work of the IETF is done in its working groups, which are organized by topic into several areas (e.g., routing, transport, security, etc.).

A working group has made a Benchmark Methodology for network interconnect devices defining “a number of tests that may be used to describe the performance characteristics of a network interconnecting device”. The benchmarking tests, and their descriptions are the next:

1. Throughput. It measures the messages delivery over a communication channel. ITFC defines as **“the fastest rate at which the count of test frames transmitted by the DUT is equal to the number of test frames sent to it by the test equipment”**.
2. Latency. It measures the time delay in a network. The ITFC stipulates a timestamp A, a timestamp B for bit forwarding devices, then obtain the difference.
3. Frame loss rate. It determines the packets lost in a DUT. Must send a specific number of frames and count the frames transmitted by the device.
4. Back-to-back frames. It is **“the number of frames in the longest burst that the DUT will handle without the loss of any frame”**.
5. System recovery. The evaluator must obtain the speed at which the DUT can recover form an overload condition.
6. Reset. It is the speed at which a DUT recovers from a reset. The reset can be from software or hardware.

### III. DEVELOPMENT

**The Minimal distance to Ideal Method.** The method takes an entity, with many occurrences, with many parameters for evaluate.

The biggest value is one and the others have values between 0 and 1. All values are dimensionless because are divided for the same measurement unit, it has been built a new space and is easy evaluate the entity. The figure 3 shows a 3-dimension space for the example:

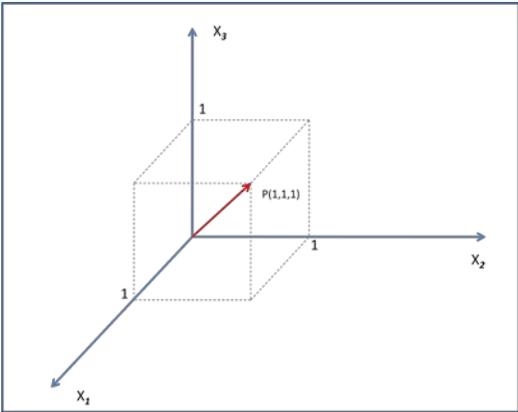


Fig 3. The new “one-dimensional” work space.

There is a point, with Cartesian co-ordinates, (1,1,1).The point marks an perfect entity with the best values for each parameter. Now the evaluator can make easily his work using the Euclidean distance between two points in the Cartesian space for all entities. For example the Tsuru car has the next distance to the perfect point.

$$d = \sqrt{(1-1)^2 + (1-0.800)^2 + (1-0.822)^2}$$

$$d = 0.26773$$

However there is a problem: Not all the parameters, for an entity, are better growing. An example can be car price, the biggest price it is the worst case for the buyer, then we must adjust the parameters. The lowest value it is the best for the evaluator. We can make that, subtracting one to all occurrences in the columns, so all the values are now inverted and the evaluator can process correctly the parameter.

It is very simple, for the evaluator, define a value set ideal for him, a value optimum not necessarily the perfect point (1,1,1). This is very common for any evaluator, the perfect point not always match up with interests to evaluate. The method is applied equal with the ideal point, the evaluator must obtain all Euclidian distances from to the ideal point, lowest distance is closer to him, this occurrence is the best for evaluator.

#### IV. NETWORK DEVICES TESTS

There are six tests for DUT's. Not all devices can support all, the evaluator must define them according experience and particular features in his network. Data can be measure and generate a great deal of data over long period time, but can be necessary to do. The evaluator must consider the media type like Ethernet, Token Ring or FDDI to define the frames for the test.

The common architectures for make the tests is use a device tester with both transmitting and receiving ports connected to the DUT ports. The figure 1 described it:

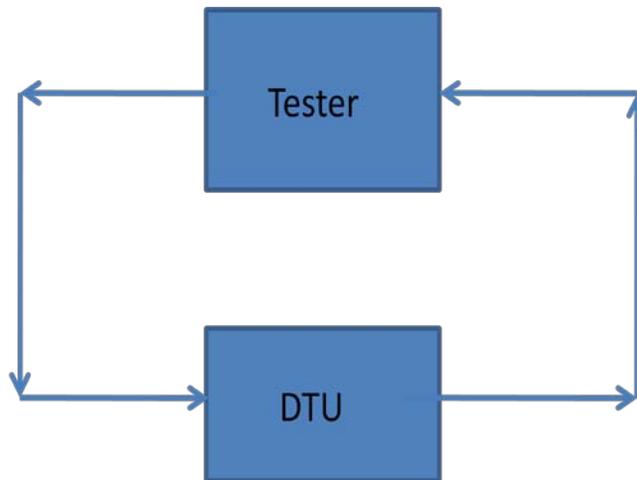


Fig 4 Test Setup

Other Test setup can be implemented for multiple media types. That situation is present in many real internet networks. An example is two LAN's connected or a high speed backbone or a WAN. Many cases can occur in the real world similar to the example. The figure 5 shows a test setup for this cases.

The DUT must be configured following his normal operation without changing any way other than that required to do the specific test.

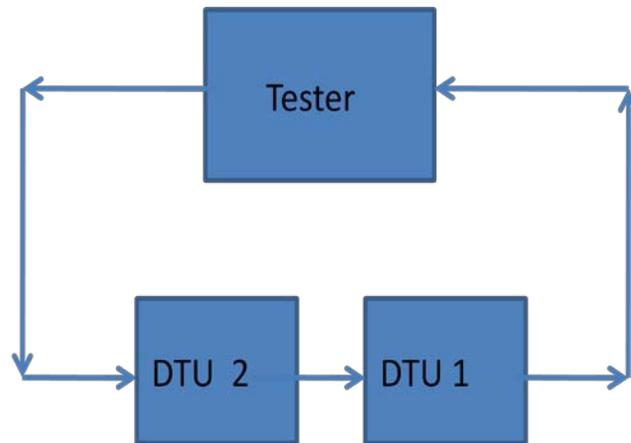


Fig. 5 Other connection DUT's

The parameters are different in optimal. The system recovery is measured in time units, seconds, and the better value is the minimum time, this parameter is in inverse order.

The same situation exists with the reset parameter it is measured in unit time and the optimal again is the minimum.

In the other hand back to back frames has a better performance with handling frames without loss of any frame. Obviously is a positive direct parameter and the bigger values is the optimal.

Latency is an inverse order parameter. The minor time will be the better value for the Device Under Test.

The throughput parameter is a direct parameter, the fastest rate will be the optimal to the DUT.

The method has an important feature, the evaluator can add parameters without problems, network cost, ROI, distance covered and others. For example the distance covered by a WLAN between an AP and the workstation, in the practice is around thirty meters, however the distance is not always the same. Buildings, construction materials, interferences and overload band make different the covered distance, the evaluator can decide evaluate this feature and includes in his evaluation model.

The same situation can occur with the other parameters also mentioned. The evaluator must consider if the parameter is in direct or inverse order.

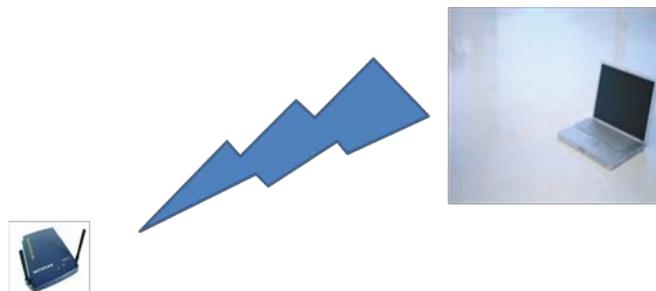


Fig 6. WLAN diagram

Not all the tests must be applied. Each device has different features and the evaluator must use experience to determine the correct test set. Also, the evaluator can discard some test values in the device, if he considers some value irrelevant, he will choose the best values.

Another situation is the great deal of data generated in various tests. The device must test in frames from 64, 128, 256, 512, 1024, 1280, to 1518 bytes. The period time can be long and the data is increased a lot. In some cases is necessary to make computer programs to deal with the data. In some tests realized the data file has 83000 lines of data and the total files was 1200. It is impossible to handle with applications like EXCEL because we must to combine many internal data.

Another important situation is the available equipment to do the set test. Not all the networks managers have access to specialized equipment, it is very expensive and the manager cannot acquire any tester. He can use many monitoring open source software available. There a great number of monitoring software, many are evaluation software and the manager can utilize to make a little tests. Others are very completes and no have cost. However we did not find software to implement benchmarking for internet network interconnect devices. Although have a problem, they are not a standardized tool like many hardware devices. If the evaluator do not need make standardized tests is irrelevant this situation.

## V. CONCLUSION

We have presented a general evaluation method applied to Internet devices, DUT's. The method makes possible evaluate many different parameters mixing in alone quantity, a unique number. So we can compare many DUT's. Implementing the method in a high level language is very simple, the program only needs a matrix to calculate the result. The evaluator can change ideal evaluation parameters to obtain a point more suitable to his particular case. We present a brief RFC 2544 description and each evaluator can define the most adequate parameters to evaluate. The method has other important feature, any evaluator can define other parameters, like cost or bandwidth, and using the same method obtains an evaluation.

An Internet evaluator may extend the tests according new requests and it is not difficult apply.

A future task is to develop a software tool to implement these tests.

## ACKNOWLEDGMENT

F. Felipe, I. Martínez and Acevedo thank to "Programa de Estímulos al Desempeño Académico EDD, Programa de Estímulos a los Investigadores EDI, and Sistema de becas por Exclusividad, SIBE programs of the Instituto Politécnico Nacional to support professors.

This work is a result of the SIP project "**PLANES DE PREVENCION DE DESASTRES EN REDES INALÁMBRICAS WIFI**", , Clave 20100394

## REFERENCES

- [1] E. Mercado, "Teoría de la Decisión," LIMUSA México 1996.
- [2] R. Olexa "*Implementing 802.11, 802.16 and 802.20 Wireless networks*" Elsevier 2005, United States of America.
- [3] S. Bradner, J. McQuaid, , "Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices". Internet Engineering Task Force, March 1999.
- [4] F. Felipe D. "Planes de Prevención y Recuperación de Desastres en Redes WLAN", SENIE 2009.
- [5] F. Felipe D. M. A. Acevedo, M.E. Acevedo "Herramientas de Software para el monitoreo de Redes de Área Local Inalámbricas" 6th International Conference on Electrical and Electronics Engineering Research, 2008..
- [6] [www.anritsu.com](http://www.anritsu.com)
- [7] [www.flukeetworks.com](http://www.flukeetworks.com)
- [7] [www.ieee.org/standards](http://www.ieee.org/standards)



Marco Antonio Acevedo Mosqueda Nació en México D.F. el 19 de julio de 1968. Obtuvo el título de ingeniero en Comunicaciones y Electrónica en 1992 y en 1996 obtiene el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional. Actualmente es profesor investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería de Telecomunicaciones de la SEPI-ESIME-IPN.

[macevedo@ipn.mx](mailto:macevedo@ipn.mx)



**Federico Felipe Durán.** He is a professor of computer science at Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) of Instituto Politécnico Nacional (IPN) Mexico. His research interests include Artificial Intelligence, Data bases, Natural Language Processing and Computer networks. Felipe is an electrical engineering for the IPN (1984) and made graduate studies at Centro de Investigación y Estudios Avanzados (1987).

[ffelipe@ipn.mx](mailto:ffelipe@ipn.mx)



Miguel Sánchez Meraz

**Graduado como Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica en 1996 y como Maestro en Ciencias en Ingeniería de Sistemas en 1998, ambos por el Instituto Politécnico Nacional. Desde 1994 es profesor titular de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN, asignado al Departamento de Telecomunicaciones. Ha desarrollado diversos proyectos de investigación y desarrollo tecnológico tanto para el sector gobierno como para el sector privado en el área de simulación de sistemas de comunicación, redes de banda ancha, navegación satelital, técnicas de codificación y procesamiento de señales**

# *Seguridad Estática Utilizando Equivalentes (REI, Ward)*

*José Francisco Aparicio Pulido, Daniel Olgún Salinas*

Departamento de Ingeniería Eléctrica, SEPI-IPN, México D.F., México  
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Zacatenco, México, D.F.  
E-mail: zoek02@hotmail.com

*Resumen* — En el presente trabajo se muestra una de las técnicas con las cuales es posible dar una solución a los análisis de contingencias en estado estacionario, son implementadas actualmente para grandes sistemas de potencia y sistemas radiales. Este análisis puede ser simplificado usando equivalentes de red reemplazando así a los nodos en que se conectan con las líneas que entraran en estado de contingencia, los equivalentes son usados como una herramienta en los análisis de seguridad estos son la reducción nodal (WARD) y los equivalentes para sistemas radiales (REI), actualmente es posible optimizar la solución a los sistemas del tipo radial (equivalentes tipo REI), por medio de inteligencia artificial como lo son los algoritmos genéticos y en diversos casos dando una eficiente solución.

En este trabajo se hizo una simulación del análisis de contingencias implementando un algoritmo elaborado en FORTRAN y en el simulador de Sistemas de Eléctricos de Potencia PSSE- 32, aplicando el estudio a 2 sistemas de prueba.

*Palabras Clave* – REI, WARD, Factor de distribución, contingencias, equivalente

*Abstract* — This paper shows one of the techniques which can provide a solution to the contingency analysis at steady state, are currently implemented for large power systems and radial systems. This analysis can be simplified by using equivalent network this replacing the nodes that are connected with lines that come into a state of contingency, the equivalents are used as a tool in safety analysis these are the reduction nodal (WARD) and equivalent radial systems (REI) is possible to optimize the solution to the radial systems (such REI equivalent), through artificial intelligence such as genetic algorithms and in several cases through an efficient solution.

This work was a simulation of implementing a contingency analysis algorithm developed in FORTRAN and the simulator Electric Power Systems PSSE-32, using the study to two test systems.

*Keywords* -- REI, WARD, Distribution Factors, Contingency, Equivalent

## **Introducción**

El actual desarrollo de Sistemas de Potencia y el continuo crecimiento de los intercambios de energía entre el control de áreas han determinado un grado de interconexión cada vez mayor entre los sistemas de potencia, transformándolos en amplias zonas de intercambio de energía. El análisis de estos complejos sistemas tiene como objetivo sobre todo en dos tipos de problemas: desarrollo y la evaluación de seguridad y control (En línea o bien conocidos en tiempo real), a menudo lo que implica grandes esfuerzos computacionales.

El enfoque de este problema es utilizar la red estática o sus equivalentes del sistema, especialmente cuando el interés principal reside en el análisis de un sistema de potencia local o interconectado con otros sistemas vecinos.

Los equivalentes fueron propuestos por Ward a mediados del siglo 20 [10]. Más tarde,

en la década de 70ts, P. Dimeo define el equivalente REI [11]. Este tipo de red equivalente, fue llamada “Ideal” para Equivalente en transformadores, fue introducido en 1977 por investigadores de EPRI [12].

En este trabajo se presenta el comportamiento de 2 sistemas de prueba (STAGG e IEEE-14) simulando un análisis de contingencias en estado estacionario haciendo una comparación con los equivalentes tipo WARD y REI.

### Equivalentes tipo WARD

Es la representación de la generación y las cargas en el sistema externo como inyecciones de corriente constante.[4]

Las relaciones inyectadas, voltajes nodales y admitancias nodales pueden escribirse como:

En la figura 1 se muestra como debe ser la distribución de los buses en un sistema que no es radial.[11]

La división se conoce como buses o nodos esenciales y no esenciales.

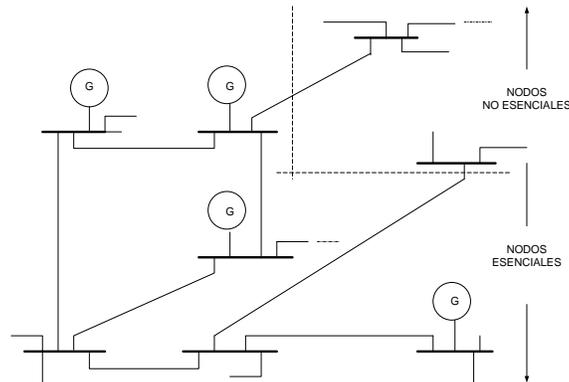


Fig. 1. División de los nodos esenciales y no esenciales

Teniendo el siguiente arreglo matricial para encontrar las inyecciones de corriente:

$$\begin{bmatrix} I_{NE} \\ I_E \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{NE,NE} & Y_{NE,E} \\ Y_{E,NE} & Y_{E,E} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{NE} \\ V_E \end{bmatrix} \quad (2)$$

Tomando en consideración de que  $Y_{NE,NE}$  es no singular la eliminación de los nodos esenciales puede describirse simbólicamente como:

$$I_E = (Y_{E,E} - Y_{E,NE} Y_{NE,NE}^{-1} Y_{NE,E}) V_E \quad (3)$$

La ecuación anterior queda abreviada de la siguiente manera:

$$I_E = Y_E V_E \quad (4)$$

### **Equivalentes REI**

Como regla general, en los métodos de equivalencia es dividir el sistema de potencia original en tres subsistemas: (i) el sistema interno (SI), es decir, la parte del sistema de potencia bajo análisis, (ii) el sistema externo (SE), es la parte de el sistema que se sustituye por el equivalente, y (iii) los límites del sistema o simplemente, los buses frontera (BF) es el conjunto de nodos que separan el SE.

El equivalente REI sustituye el SE por uno o más buses ficticios tipo REI, que agrupan a diferentes buses externos (ver fig. 2). El modelo básico del equivalente tipo REI es agrupar los buses del SE en un solo bus REI, pueden utilizarse 2 equivalentes REI uno para buses de carga y el otro para los buses de generación. Sin embargo, Por otra parte, el resultado del equivalente de red puede contener buses equivalentes REI de generación y carga o incluso mezclados. El procedimiento en cuestión es una agrupación que debe tener influencia sobre la exactitud de las condiciones de funcionamiento del SI, se utiliza este tipo de equivalente para diferentes contingencias del SI.

Los equivalentes REI al ser construidos deberán cumplir algunos requisitos:

- (i) Desde los buses frontera, el equivalente debe representar con precisión la estructura y el comportamiento del SE
- (ii) El equivalente debe describir con la mayor precisión posible la reacción del SE a los cambios en el SI con respecto a las condiciones de funcionamiento de referencia,
- (iii) El equivalente debería tener un número mínimo de buses REI.

Una característica distintiva del equivalente REI es que conserva las pérdidas de potencia en las redes iniciales mediante el uso de una red ficticia, temporal, lineal y sin pérdidas que se conecta los buses del SE que se van a eliminar a los buses ficticios REI se les conoce como Red de Balance de Potencia Cero (RBPC).

El proceso para la construcción de la RBPC comprende los siguientes pasos:

- 1.- Configuración del número de buses REI que se utilizarán para construir el equivalente del SE.

2. Compartir los buses del SE a los buses REI (cada bus del SE se asocia a un solo bus REI).
3. Para cada grupo de "buses del SE" el bus REI se introduce como una red ficticia, deberá estar conectado en una forma radial al equivalente REI como buses reducidos.
4. Las redes radiales obtenidas en el paso anterior se linealiza mediante la sustitución de las inyecciones de bus de alimentación con las actuales inyecciones IP, 0, calculada usando los voltajes del bus hasta las condiciones de funcionamiento de referencia.
5. Las formas de la RBPC se calculan utilizando las siguientes ecuaciones:

$$Y_{p,0}^0 = \frac{S_p^*}{V_p^2} \quad Y_{R,0} = \frac{-S_R^*}{V_R^2} \quad (5)$$

Donde R es el bus REI, p es uno de los buses que se eliminarán, y 0 es la barra de tierra ficticia. La inyección de potencia aparente de la SR del bus REI es la suma de la inyección de potencia aparente de los buses asociados al bus REI. Para el voltaje del bus REI se calcula utilizando la potencia base aparente  $S_R$  y las inyecciones equivalentes  $I_{p,0}$ .

Los dos primeros pasos de este procedimiento pueden influir en la exactitud del equivalente REI.

Después de construir todas las RBPC asociados a los buses REI, la red se reduce con la aplicación tradicional reducción de la técnica de Gauss, cuyo objetivo es adaptar la ecuación nodal del sistema, incluyendo el equivalente recientemente formado por los nodos REI:

$$[Y] \times [V] = [I] \quad (4)$$

Es la forma triangular parcialmente.

La aplicación de la reducción termina cuando los elementos menores de la diagonal y las columnas de la matriz "Y" correspondiente a los buses REI.

La Submatriz corresponde a los buses internos y los límites o buses frontera representan a la matriz de admitancia en la red equivalente [11].

Con estos pasos descritos se pueden formar los equivalentes REI.

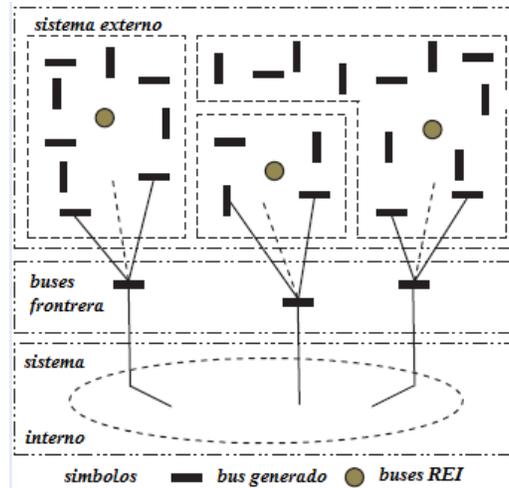


Fig. 2. Grupo de buses del SE para la creación de buses REI

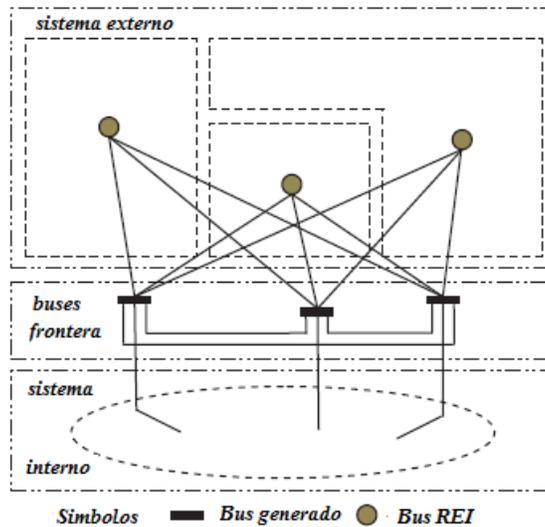


Fig. 3. Equivalente tipo REI

### Análisis de Contingencias

El análisis de contingencias tiene como principal cuestión prever los posibles problemas en el sistema antes de que sucedan, estudian los eventos de interrupción del servicio y alertan a los operadores respecto a cualquier sobrecarga potencial o las violaciones graves de voltaje, por ejemplo la forma más simple de análisis de contingencias se puede combinar con un programa normal de Flujos de Potencia , (en este trabajo se utilizo el método de Newton-Raphson desacoplado implementado en FORTRAN y en el simulador PSS-32).

Eso permite a los operadores del sistema que localicen estados defensivos de operación en donde ningún evento de contingencia aislado generara sobrecargas o violaciones de voltaje.

Un ejemplo sencillo de acción correctiva es el desplazamiento de un generador de una estación a otra. Eso podrá dar como resultado el cambio de flujos de potencia y causar un cambio de carga en las líneas sobrecargadas.[15]

Dy Liacco [15] sugirió una clasificación formal de niveles de seguridad de sistemas eléctricos de potencia, que fue aclarada y desarrollada por Fink y Carlsen.[14], esto es bosquejado en un diagrama de niveles de seguridad estática, al incorporar niveles de seguridad correctivamente seguros y de emergencia corregibles.

El nivel estático de seguridad de un sistema de potencia se caracteriza por la presencia de condiciones de emergencia en sus estados reales de operación reales o potenciales.

La evaluación de la seguridad del sistema es el proceso mediante el cual se detectan esas violaciones.

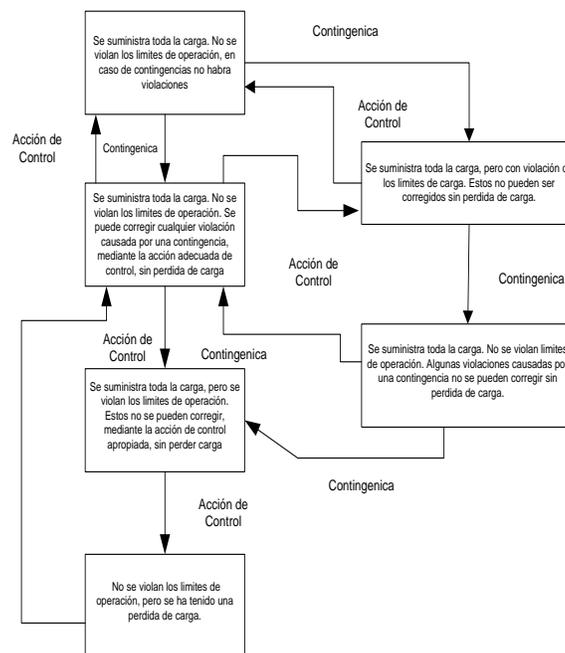


Fig. 4. Niveles de Seguridad estática de un sistema eléctrico de potencia

### Metodología Implementada

Los límites del sistema eléctrico de potencia que más interesan en un análisis de contingencias son los flujos en líneas y los voltajes de bus. El modelo de carga más fundamental y aproximado es el de Newton Raphson

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = [J] \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (5)$$

El modelo de flujo de flujos de CD en su versión incremental es el que se prefiere por lo común.

$$[\Delta P] = [B][\Delta \delta] \quad (6)$$

En este modelo se suponen que los voltajes permanecen constantes después de las contingencias. Sin embargo, eso no es cierto en sistemas débiles, el método de Flujos de Potencia Desacoplado es el más común para estos fines pero su matriz Jacobiana es constante y las interrupciones del servicio de una sola línea se pueden modelar mediante el lema de inversión matricial.[14]

El modelo que a menudo se emplea es:

$$[\Delta Q/|V|] = [B][\Delta |V|] \quad (7)$$

### Selección de Contingencias

Hay 2 métodos principales.

*METODOS DIRECTOS:* Consisten en desechar y clasificar directamente los casos de contingencia. Las cantidades correspondientes pos contingencias (flujos, voltajes) son las que se monitorearon. La medida de gravedad suele ser un índice de desempeño

*METODOS INDIRECTO:* Indican los valores de índices de gravedad de la contingencia para su clasificación, sin calcular directamente las cantidades contingentes vigилantes

El problema de estudiar cientos de interrupciones posibles se vuelve muy difícil de resolver si se desea presentar los resultados con rapidez para emprender acciones correctivas.

Una de las formas más simples de obtener un cálculo rápido de sobrecargas posibles es usar factores de sensibilidad de la red. Estos factores indican el cambio aproximado en flujos de línea para cambios en la generación en la configuración de la red y se obtienen del flujo de carga de CD [16], son de 2 tipos:

- i).- Factores de distribución para desplazamiento de generación.
- ii).- Factores de distribución de interrupción del servicio o corte de la línea. [16]

En este trabajo se encontraron las violaciones por el método directo y factores de distribución.

Cada factor de distribución es un coeficiente de sensibilidad que representa el efecto que causa cada contingencia sobre el conjunto de elementos monitoreados.

El factor de distribución es definido como la relación del cambio de potencia activa en el elemento monitoreado (depre-contingencia a post-contingencia) entre el cambio en la magnitud de potencia activa asociada al elemento bajo contingencia.

El cálculo de los factores de distribución se basa en el método de solución de flujos de CD.

Los factores de distribución son utilizados para estimar los flujos de potencia post-contingencia con base en las condiciones del caso base.[16]

$$FD = \frac{MW \text{ bajo contingencia} - MW \text{ caso base}}{\text{Cambio de MW}} \quad (7)$$

$$P_{nueva} = P_{base} + (FD \times \Delta P) \quad (8)$$

En los apéndice 1 se describen mediante el diagrama de flujos el proceso que lleva el algoritmo para solución de contingencias con aplicación a equivalentes y los pasos para encontrar contingencias y factores de distribución con el simulador PSS-32

## Resultados

Para explicar en resumen el problema, se consideran 2 sistemas de prueba el sistema “STAGG” de 5 buses [12], y el sistema de prueba de 14 buses “IEEE-14” [16].

Se hicieron corridas con el algoritmo implementado en FORTRAN con el cual se encontraron la solución de Flujos de Potencia por el método de Newton Raphson Desacoplado, estos resultados fueron analizados y se empezó a ver el comportamiento de los 2 sistemas sacando líneas y haciendo de nuevo corridas de flujos, con el simulador PSS-32 se hizo este mismo procedimiento implementado el modulo de contingencias “DFAX” [9] que este describe en el apéndice 2 de este trabajo.

Teniendo los resultados para los 2 casos bases (STAGG y IEEE-14) se aplicaron las técnicas de los equivalentes WARD y REI para ver como es el comportamiento de ambos sistemas (*caso base y equivalente*).

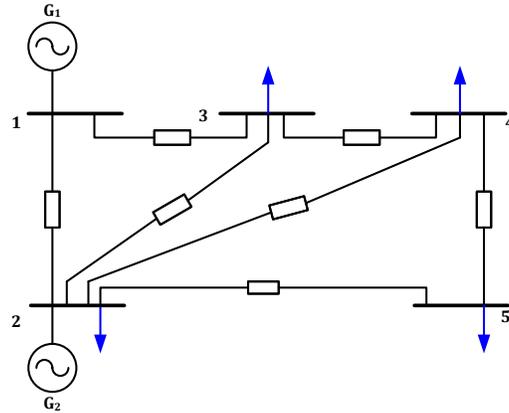


Fig. 5. Sistema “STAGG” de 5 buses

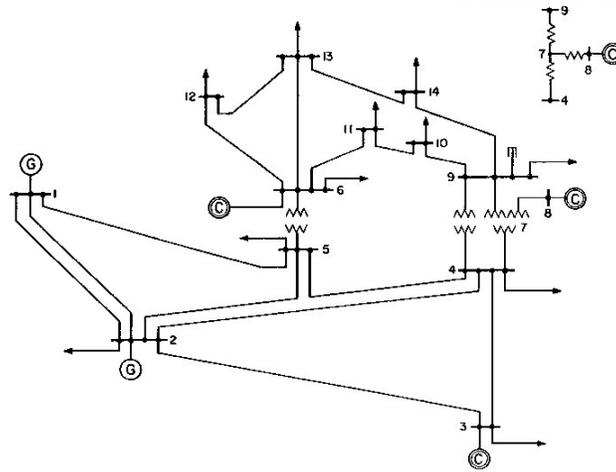


Fig. 6. Sistema “IEEE-14” buses

Los resultados de la salida de Flujos de Potencia por el método de Newton Raphson Desacoplado para los sistemas anteriores son los siguientes:

## PROGRAMA DE FLUJOS EN FORTRAN:

TABLA I.  
FLUJOS DE POTENCIA OBTENIDOS PARA EL CASO BASE STAGG

FLUJOS DE POTENCIA:			
BUS i	BUS j	POT. REAL (P)	POT. REACTIVA (Q)
1	2	.892412	.090904
2	1	-.877960	-.113530
1	3	.407562	.115721
3	1	-.394263	-.128913
2	3	.247227	.114134
3	2	-.242792	-.142346
2	4	.280326	.092952
4	2	-.275213	-.119210
2	5	.550473	.106444
5	2	-.538648	-.102213
3	4	.187052	-.139166
4	3	-.186535	.120675
4	5	.061736	-.051441
5	4	-.061377	.002239

PERDIDAS TOTALES DEL SISTEMA :

DE POTENCIA ACTIVA= .050001  
DE POTENCIA REACTIVA= .153750

Este es el caso base para el sistema de 5 buses en Flujos de potencia.

TABLA II.  
FLUJOS DE POTENCIA OBTENIDOS PARA EL CASO BASE IEEE-14

FLUJOS DE POTENCIA:			
BUS i	BUS j	POT. REAL (P)	POT. REACTIVA (Q)
1	2	1.595606	.336702
2	1	-1.549378	-.252353
1	5	.747986	.254665
5	1	-.717250	-.178716
2	3	.760194	-.074051
3	2	-.733648	.141485
2	4	.559682	.102337
4	2	-.541133	-.082678
2	5	.412503	.097065
5	2	-.402346	-.099619
3	4	-.208354	.279814
4	3	.217178	-.290693
4	5	-.612648	.006860
5	4	.618034	-.001888
4	7	.291401	.208103
7	4	-.291401	-.179294
4	9	.167203	.119407
9	4	-.167203	-.094181
5	6	.425565	.264227
6	5	-.425565	-.197437
6	11	.063814	.027884
11	6	-.063259	-.026722
6	12	.076665	.024857
12	6	-.075703	-.022856
6	13	.173088	.069698
13	6	-.170315	-.064236
7	8	.000000	.000000
8	7	.000000	.000000
7	9	.291401	.179294
9	7	-.291401	-.164139
9	10	.062079	.050148
10	9	-.061830	-.049485
9	14	.101527	.042172
14	9	-.099635	-.038147
10	11	-.028170	-.008514
11	10	.028259	.008723
12	13	.014789	.006819
13	12	-.014716	-.006752
13	14	.049940	.013027
14	13	-.049364	-.011854

PERDIDAS TOTALES DEL SISTEMA :

DE POTENCIA ACTIVA= .153595  
DE POTENCIA REACTIVA= -.389669

Este es el resultado anterior para el caso base de IEEE-14.

Estos mismos resultados se obtuvieron con el simulador PSS-32 y fueron obtenidos para poder hacer el análisis de contingencias y así mismo poder encontrar las contingencias con equivalentes (WARD y REI).

A continuación se muestran los resultados de los casos bases con el simulador PSS-32.

TABLA III.  
FLUJOS DE POTENCIA OBTENIDOS PARA EL CASO BASE STAGG (PSS-32)

X----- FROM BUS -----X		AREA	VOLT			GEN	LOAD	SHUNT
BUS#	X-- NAME --X	BASKV	ZONE	PU/KV	ANGLE	MW/MVAR	MW/MVAR	MW/MVAR
1	NORTH	230.00	1	1.0600	0.0	131.2	0.0	0.0
			1	243.80		95.3R	0.0	0.0
2	SOUTH	230.00	1	1.0000	-2.1	40.0	20.0	0.0
			1	230.00		-51.3R	10.0	0.0
3	LAKE	230.00	1	0.9839	-4.6	0.0	45.0	0.0
			1	226.29		0.0	15.0	0.0
4	MAIN	230.00	1	0.9806	-4.9	0.0	40.0	0.0
			1	225.54		0.0	5.0	0.0
5	ELM	230.00	1	0.9689	-5.7	0.0	60.0	0.0
			1	222.85		0.0	10.0	0.0
X----- TO BUS -----X		AREA	CKT	MW	MVAR	TRANSFORMER		
BUS#	X-- NAME --X	BASKV	AREA			RATIO	ANGLE	AMPS
2	SOUTH	230.00	1	1	89.4	75.7		277
3	LAKE	230.00	1	1	41.8	19.7		109
1	NORTH	230.00	1	1	-86.9	-71.4		282
3	LAKE	230.00	1	1	24.5	0.3		62
4	MAIN	230.00	1	1	27.8	1.2		70
5	ELM	230.00	1	1	54.8	8.6		139
1	NORTH	230.00	1	1	-40.2	-17.6		112
2	SOUTH	230.00	1	1	-24.1	-1.2		62
4	MAIN	230.00	1	1	19.4	3.8		50
2	SOUTH	230.00	1	1	-27.3	-1.8		70
3	LAKE	230.00	1	1	-19.3	-4.7		51
5	ELM	230.00	1	1	6.6	1.4		17
2	SOUTH	230.00	1	1	-53.5	-6.3		140
4	MAIN	230.00	1	1	-6.5	-3.7		19

TABLA IV.  
FLUJOS DE POTENCIA OBTENIDOS PARA EL CASO BASE IEEE-14 (PSS-32)

----- FROM BUS -----X		AREA	VOLT			GEN	LOAD	SHUNT
BUS#	X-- NAME --X	BASKV	ZONE	PU/KV	ANGLE	MW/MVAR	MW/MVAR	MW/MVAR
1	UNO	230.00	1	1.0600	0.0	0.0	0.0	0.0
			1	243.80		0.0	0.0	0.0
2	DOS	230.00	1	1.0000	-3.8	40.0	0.0	0.0
			1	230.00		12.3R	0.0	0.0
3	TRES	230.00	1	0.9156	-12.1	0.0	94.2	0.0
			1	210.58		0.0	19.0	0.0
4	CUATRO	230.00	1	0.9336	-9.5	0.0	47.8	0.0
			1	214.74		0.0	-3.9	0.0
5	CINCO	230.00	1	0.9455	-7.9	0.0	7.6	0.0
			1	217.46		0.0	1.6	0.0
6	SEIS	230.00	1	0.9371	-14.7	0.0	11.2	0.0
			1	215.53		0.0	7.5	0.0
7	SIETE	230.00	1	0.9250	-13.3	0.0	0.0	0.0
			1	212.76		0.0	0.0	0.0
8	OCHO	230.00	1	0.9250	-13.3	0.0	0.0	0.0
			1	212.76		0.0	0.0	0.0
9	NUEVE	230.00	1	0.9050	-15.3	0.0	29.5	0.0
			1	208.16		0.0	16.6	0.0

X----- TO BUS -----X						TRANSFORMER		RATING		
BUS#	X-- NAME --X	BASKV	AREA	CKT	MW	MVAR	RATIO	ANGLE	AMPS	% SET A
10	DIEZ	230.00		1	0.9021	-15.5	0.0		9.0	0.0
				1	207.47		0.0		5.8	0.0
11	ONCE	230.00		1	0.9153	-15.3	0.0		3.5	0.0
				1	210.53		0.0		1.8	0.0
12	DOCE	230.00		1	0.9187	-15.8	0.0		6.1	0.0
				1	211.31		0.0		1.6	0.0
13	TRECE	230.00		1	0.9122	-15.9	0.0		13.5	0.0
				1	209.80		0.0		5.8	0.0
14	CATORCE	230.00		1	0.8871	-16.9	0.0		14.9	0.0
				1	204.03		0.0		5.0	0.0
-----X-----										
2	DOS	230.00		1	141.5	63.7			367	
5	CINCO	230.00		1	71.9	39.9			195	
M I S M A T C H					-213.4	-103.6				
-----X-----										
1	UNO	230.00		1	-137.3	-53.7			370	
3	TRES	230.00		1	73.9	28.9			199	
4	CUATRO	230.00		1	58.8	19.9			156	
5	CINCO	230.00		1	44.6	17.3			120	
-----X-----										
2	DOS	230.00		1	-70.9	-18.3			201	
4	CUATRO	230.00		1	-23.3	-0.7			64	
-----X-----										
2	DOS	230.00		1	-56.5	-14.8			157	
3	TRES	230.00		1	23.7	0.3			64	
5	CINCO	230.00		1	-59.1	-7.1			160	
7	SIETE	230.00		1	28.3	14.5	0.978LK		85	
9	NUEVE	230.00		1	15.8	10.9	0.969LK		52	
-----X-----										
1	UNO	230.00		1	-68.6	-28.7			197	
2	DOS	230.00		1	-43.3	-14.9			121	
4	CUATRO	230.00		1	59.6	8.2			160	
6	SEIS	230.00		1	44.6	33.8	0.932LK		149	
-----X-----										
5	CINCO	230.00		1	-44.6	-26.1	1.000UN		139	
11	ONCE	230.00		1	7.5	6.7			27	
12	DOCE	230.00		1	8.0	3.0			23	
13	TRECE	230.00		1	17.9	9.0			54	
-----X-----										
4	CUATRO	230.00		1	-28.3	-12.1	1.000UN		83	
8	OCHO	230.00		1	0.0	0.0			0	
9	NUEVE	230.00		1	28.3	12.1			83	
-----X-----										
7	SIETE	230.00		1	0.0	0.0			0	
-----X-----										
4	CUATRO	230.00		1	-15.8	-8.7	1.000UN		50	
7	SIETE	230.00		1	-28.0	-10.9			83	
10	DIEZ	230.00		1	5.1	1.3			15	
14	CATORCE	230.00		1	9.2	1.8			26	
-----X-----										
9	NUEVE	230.00		1	-5.1	-1.2			15	
11	ONCE	230.00		1	-3.9	-4.6			17	
-----X-----										
6	SEIS	230.00		1	-7.4	-6.5			27	
10	DIEZ	230.00		1	3.9	4.7			17	
-----X-----										
6	SEIS	230.00		1	-7.9	-2.8			23	
13	TRECE	230.00		1	1.7	1.2			6	
-----X-----										
6	SEIS	230.00		1	-17.6	-8.4			54	
12	DOCE	230.00		1	-1.7	-1.1			6	
14	CATORCE	230.00		1	5.9	3.7			19s	
-----X-----										
9	NUEVE	230.00		1	-9.1	-1.5			26	
13	TRECE	230.00		1	-5.8	-3.5			19	

Se muestran los resultados contingencias para el sistema STAGG sacando varias líneas y observando el comportamiento de los flujos en cada uno de los casos.

Para demostrar un ejemplo de esto para el sistema STAGG es sacar la línea 2-3 que en el caso base obtuvo 24.72 MW con 11.41 MVAR suponga que solo se desea la carga de la línea en MW y se examina lo que sucederá si se abriera la línea del bus 2-4, Los flujos y voltajes resultantes son mostrados en la tabla 5 notando que el flujo en la línea 2-3 aumento a 37.5 MW y que la mayor parte de los demás flujos de la línea también cambiaron, notando que las magnitudes de los voltajes en los buses se afectan en especial en el bus 4 donde el cambio es casi del 2% menos de 1.0236 a 1.0068.

Este análisis se hizo al igual para el sistema de 14 buses de la IEEE teniendo en la línea que el flujo es de 76.01 MW con -7.40 MVARs, mostrando el resultado de los flujos en la tabla 7 en estado de contingencia.

Con el simulador PSS-32 se hizo el análisis de contingencias aplicando los equivalentes tipo WARD y REI, y así checando los flujos con esta técnica.

TABLA V.  
FLUJOS DE POTENCIA EN CONTINGENCIA CON LA LÍNEA 2-4

COMPARACION DE FLUJOS ESTADO DE CONTINGENCIA :			
BUS i	BUS j	POT.REAL (P)	POT.REACTIVA (Q)
CONTINGENCIA:			
1	2	.811275	-.021053
2	1	-.799557	-.010260
1	3	.492352	.095882
3	1	-.473998	-.093910
2	4	.392589	.098869
4	2	-.383320	-.113040
2	5	.607033	.111391
5	2	-.592937	-.100758
3	4	.024012	-.133899
4	3	-.023853	.114307
4	5	.007151	-.051243
5	4	-.007093	.000783
FACTORES DE DISTRIBUCION			
LINEA 2-3			
1	2	-.328188	
1	3	.342965	
2	3	-1.000000	
2	4	.454088	
2	5	.228779	
3	4	-.659473	
4	5	-.220789	

TABLA VI.  
FACTORES DE DISTRIBUCIÓN OBTENIDOS CON PSS-32 IMPLEMENTANDO EL EQUIVALENTE TIPO WARD AL SISTEMA STAGG.

CONTINGENCY->	<-MW SHIFT->	-----CONTINGENCY DESCRIPTION-----						
SINGLE 1	89.4	OPEN LINE FROM BUS 1 [NORTH 230] TO BUS 2 [SOUTH 230] CKT 1						
SINGLE 2	41.8	OPEN LINE FROM BUS 1 [NORTH 230] TO BUS 3 [LAKE 230] CKT 1						
SINGLE 3	53.4	OPEN LINE FROM BUS 2 [SOUTH 230] TO BUS 3 [LAKE 230] CKT 99.....						
		CONTINGENCY LABEL-->	BASE CASE MW	SINGLE 1	SINGLE 2	SINGLE 3		
		POWER SHIFT (MW)-->	AC	DC	89.4	41.8	53.4	
<----- FROM ----->	<----- TO ----->	<-----CKT----->	<----->	<----->	<----->	<----->	<----->	<----->
1 NORTH 230	2 SOUTH 230	1	89.4	89.6	-1.00000	1.00000	-1.00000	
1 NORTH 230	3 LAKE 230	1	41.8	41.6	1.00000	-1.00000	1.00000	
2 SOUTH 230	3 LAKE 230	99	53.4	53.6	-1.00000	1.00000	-1.00000	

Cabe mencionar que para obtener estos resultados se tomo en cuenta que el sistema STAGG es un sistema no radial y se implemento el equivalente tipo WARD reduciendo el sistema a 3 buses y aplicando el análisis de contingencias para la línea 2-4.

Para el sistema IEEE-14 el análisis fue hecho completamente en PSS-32 obteniendo el análisis múltiple de contingencias.

El equivalente para este sistema fue del tipo REI debido a que este sistema es Radial, se delimitaron los buses frontera y se encontraron los Factores de Distribución.

TABLA VII.  
FACTORES DE DISTRIBUCIÓN OBTENIDOS CON PSS-32 IMPLEMENTANDO EL EQUIVALENTE TIPO REI AL SISTEMA IEEE-14.

CONTINGENCY->	<-MW SHIFT->	-----CONTINGENCY DESCRIPTION-----			
SINGLE 1	141.5	OPEN LINE FROM BUS 1 [UNO	230]	TO BUS 2 [DOS	230] CKT 1
SINGLE 2	71.9	OPEN LINE FROM BUS 1 [UNO	230]	TO BUS 5 [CINCO	230] CKT 1
SINGLE 3	73.9	OPEN LINE FROM BUS 2 [DOS	230]	TO BUS 3 [TRES	230] CKT 1
SINGLE 4	58.8	OPEN LINE FROM BUS 2 [DOS	230]	TO BUS 4 [CUATRO	230] CKT 1
SINGLE 5	44.6	OPEN LINE FROM BUS 2 [DOS	230]	TO BUS 5 [CINCO	230] CKT 1
SINGLE 6	-23.3	OPEN LINE FROM BUS 3 [TRES	230]	TO BUS 4 [CUATRO	230] CKT 1

		CONTINGENCY LABEL-->		BASE CASE MW		SINGLE 1
		POWER SHIFT (Mw)-->		AC	DC	141.5
<----- FROM ----->	TO	----->CKT	<----->	<----->	<----->	<----->
1 UNO	230	2 DOS	230 1	141.5	140.7	-1.00000
1 UNO	230	5 CINCO	230 1	71.9	72.7	1.00000
2 DOS	230	3 TRES	230 1	73.9	73.7	-0.16880
2 DOS	230	4 CUATRO	230 1	58.8	58.9	-0.35327
2 DOS	230	5 CINCO	230 1	44.6	43.9	-0.47793
3 TRES	230	4 CUATRO	230 1	-23.3	-23.5	-0.16880
4 CUATRO	230	5 CINCO	230 1	-59.1	-61.2	-0.49425
4 CUATRO	230	7 SIETE	230 1	28.3	29.3	-0.01768
4 CUATRO	230	9 NUEVE	230 1	15.8	16.8	-0.01014
5 CINCO	230	6 SEIS	230 1	44.6	42.6	0.02782
6 SEIS	230	9 NUEVE	230 99	2.3	1.5	0.01066
6 SEIS	230	11 ONCE	230 1	7.5	6.2	0.01716
7 SIETE	230	8 OCHO	230 1	0.0	0.0	0.00000
7 SIETE	230	9 NUEVE	230 1	28.3	29.3	-0.01768
9 NUEVE	230	10 DIEZ	230 1	5.1	6.4	-0.01716
10 DIEZ	230	11 ONCE	230 1	-3.9	-2.6	-0.01716

SINGLE 2	SINGLE 3	SINGLE 4	SINGLE 5	SINGLE 6
71.9	73.9	58.8	44.6	-23.3
1.00000	-0.20761	-0.27239	-0.36063	-0.20761
-1.00000	0.20761	0.27239	0.36063	0.20761
0.16880	-1.00000	0.28552	0.20673	-1.00000
0.35327	0.45543	-1.00000	0.43264	0.45543
0.47793	0.33696	0.44209	-1.00000	0.33696
0.16880	-1.00000	0.28552	0.20673	-1.00000
0.49425	-0.51555	-0.67641	0.60530	-0.51555
0.01768	-0.01844	-0.02419	0.02165	-0.01844
0.01014	-0.01058	-0.01388	0.01242	-0.01058
-0.02782	0.02902	0.03807	-0.03407	0.02902
-0.01066	0.01112	0.01459	-0.01305	0.01112
-0.01716	0.01790	0.02349	-0.02102	0.01790
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.01768	-0.01844	-0.02419	0.02165	-0.01844
0.01716	-0.01790	-0.02349	0.02102	-0.01790

## Discusión

Uno de los problemas importantes es la selección de todas las interrupciones o cortes creíbles.

El tiempo típico de ejecución para analizar varios miles de interrupciones es de 1 minuto basado en las nuevas técnicas computacionales.

Un modelo aproximado como de flujos de carga en CD se podrá usar para tener una solución rápida; si también se requieren voltajes entonces se deberá hacer un análisis completo de Flujos de Potencia en CA como el realizado en este trabajo.

La técnica de selección / filtrado de contingencias forman la base de muchos algoritmos de análisis computarizado de seguridad en tiempo real.

## Conclusiones

El desarrollo de sistemas de potencia y el cada vez mayor intercambio de energía entre sistemas, han determinado la interconexión cada vez de mayor grado entre los sistemas de potencia.

El análisis de este tipo de redes a gran escala, con operaciones en complejas condiciones, requiere un esfuerzo pesado de orden computacional, que puede simplificarse utilizando los equivalentes del sistema, y así implementarlos a los análisis de contingencias.

Actualmente se puede tener un análisis óptimo de estas problemáticas con técnicas de optimización a la hora de crear los buses y los equivalentes tipo REI, existen publicaciones en las cuales se utilizan técnicas de optimización para la solución de contingencias y así encontrar una solución factible a este tipo de problemáticas.

## Apéndice i

En este apéndice se muestra el proceso mediante un diagrama de flujo del cómo es que se llevan a cabo los análisis de contingencias en el simulador PSS-32.

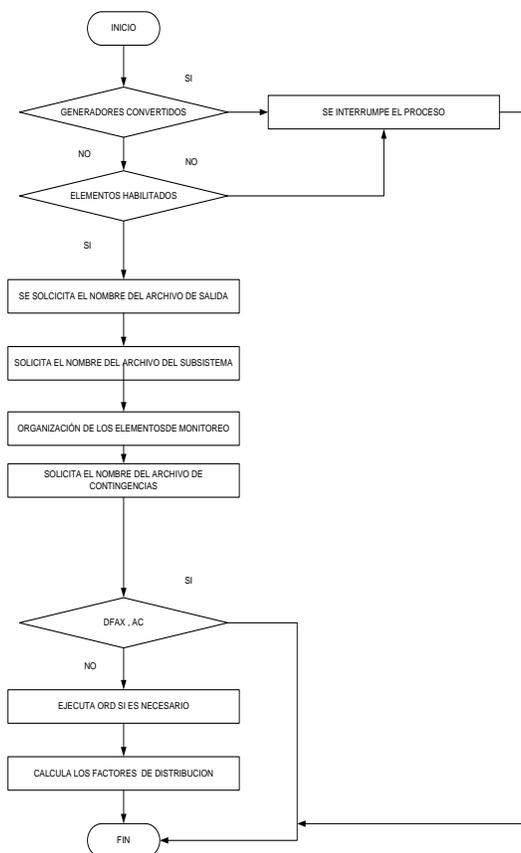


Fig. 7. Diagrama de Flujo de los Factores de Distribución

## Referencias

- [1] Brown H. E. “*Solution of Large Networks by Matrix Methods*”, John Wiley and Sons, 1974.
- [2] John J. Grainer y William D. Stevenson Jr. “*Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia*”, Mc Graw Hill, 1996.
- [3] J.B.Ward. “*Equivalent Cirscuits for Power Flow Studies*”, AIEE Trans, Power App. Syst., vol 68, pp. 373-382, 1949
- [4] S. Deckmann, A. Pizzolante, A. Monticelli, B. Stott, O. Alsac, , Studies on power system load flow equivalence, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems PAS-99 (6) (1980) 2301–2310.
- [5] S.C. Savulesco, Equivalents for security analysis fo power systems, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems PAS-100 (5) (1981) 2672–2682.
- [6] M.L. Oats, S.R. Erwin, J.L. Hart, Application of the REI equivalent for operations planning analysis of interchange schedules, IEEE Transactions on Power Systems 5 (2) (1990) 547–555.
- [7] F. Milano, S. Kailash, Dynamic REI equivalents for short circuit and transient stability analyses, ELSEVIER, Electric Power Systems Research 79 (2009) 878-887.
- [8] S. C. Savulesco , “*Real-Time Stability Assessment in Modern Power System Control Centers*”, (IEEE) John Wiley & Sons,Inc.,Hoboken, New Jersey 2009.
- [9] Shaw Group Company, “PSS-32”, Program Operation Manual, Power Technologies, Inc,2009, SIEMENS
- [10] J. B. Ward, „Equivalent circuits for power-flow studies”, *AIEE Transactions*, Vol. 68, pp. 373- 384, 1949
- [11] P. Dimo, *Nodal Analysis of Power Systems*, Abacus Press, Kent England, 1975.
- [12] R. Podmore and A. Germond, “Development of dynamic equivalents for transient stability studies”, EPRI – Research Project 763, April 1979.
- [13] H.K. Singh and S.C. Srivastava, "A sensitivity based network reduction technique for power transfer assessment in deregulated electricity environment," in *Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002: Asia Pacific. IEEE/PES* , vol.3, no., pp. 1976-1981 6- 10 Oct. 2002.
- [14] A. J. Wood y W.F. Wollwmborg, Power Generation, Operation and Control, 2ª edición, Jonh Wiley, Nueva York, 1996.
- [15] T. E. DyLiacco, “The Adaptive Reliability Control System”, *IEEE Trans.on PAS* vol PAS-86, mayo de 1967, pp. 517-531.
- [16] I.J. Nagrath y D.P Kothari, *Power System Engineering*, Tata McGraw-Hill, Nueva Delhi, 1994.

## Biografías



José Francisco Aparicio Pulido. Egresado como Ingeniero Electricista de la de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), Unidad Zacatenco, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México (2008). Actualmente está inscrito en el programa de posgrado de Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI) de la ESIME Zacatenco del IPN.



Daniel Olguín Salinas. Ingeniero Electricista de la ESIME-IPN (1971). Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica de la Sección de Graduados e Investigación de la ESIME-IPN (1976). Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Londres (1979). Actualmente es profesor investigador de la SEPI-ESIME-IPN.

# *Nuevo Método para Calcular la Exponencial de una Matriz*

*José Roberto Mandujano*

Departamento de Ciencias Básicas, Escuela Superior de Cómputo del  
Instituto Politécnico Nacional, Av. Juan de Dios Bátiz S/N. Casi esquina Miguel Othón de  
Mendizábal, Unidad Profesional, Adolfo López Mateos. Colonia Lindavista; Código  
Postal, 07738 Delegación Gustavo A. Madero; México, D.F. Teléfono: 57-29-60-00  
Extensión: 52028

[jrmandujano@yahoo.com.mx](mailto:jrmandujano@yahoo.com.mx)

## **Resumen**

En teoría del control se necesita evaluar exponenciales de matrices. Los métodos tradicionales para calcularla utilizan los valores propios de la matriz, por lo que el problema se puede complicar si los valores propios no son fáciles de calcular. En este trabajo se muestra un procedimiento para lo mismo, pero en el cual no se necesitan los valores propios. Mi trabajo fue explicar a través de ejemplos cómo funciona el procedimiento, pues aunque el método es del Dr. Luis Verde Star, en su artículo, donde desarrolla esto, solamente viene la teoría, pero no cómo se aplica. También yo desarrolle el método para calcular el polinomio característico.

**Palabras clave:** teoría de control, exponencial de una matriz, valores propios.

## **Abstract**

In control theory we need to evaluate matrix exponentials. Traditional methods require the eigenvalues of the matrix, and then the problem may be complicated if the eigenvalues are not easy to calculate. This paper presents a procedure for the same purpose, but that does not require eigenvalues. My job was to explain through examples how the procedure works, because although the method is Dr. Luis Verde Star, in his article, he presents only the theory, but not how it is applied. I also developed the method for calculating the characteristic polynomial.

**Keywords:** control theory, exponential of a matrix, eigenvalues.

## **I. Introducción.**

En algunos problemas de teoría de control y en otras áreas del conocimiento es necesario resolver la ecuación de estado en tiempo continuo [ 1 ] y [ 2 ]

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad \mathbf{1}$$

donde  $x$  es el vector de estado ( vector  $n$  ),  $u$  es el vector de entrada ( vector  $r$  ),  $A$  es una matriz constante de  $n \times n$  y  $B$  es una matriz constante de  $n \times r$ . Si la ecuación **1** se escribe en la forma

$$\dot{x} - Ax = Bu \quad \mathbf{2}$$

y **2** se multiplica por  $e^{-At}$  obtenemos

$$\frac{d[e^{-At}x]}{dt} = e^{-At}Bu \quad \mathbf{3}$$

Al integrar la ecuación **3** entre 0 y  $t$  nos da

$$x = e^{At}x(0) + \int_0^t e^{A(t-\tau)}Bu(\tau)d\tau \quad 4$$

En consecuencia para determinar  $x$  necesitamos calcular  $e^{At}$ .

## II. Algunos métodos para calcular exponenciales de matrices.

Se tienen varios métodos para calcular la exponencial de la matriz  $A$ . Uno de esos métodos es a través de la serie

$$e^{At} = I + At + \frac{A^2t^2}{2!} + \dots + \frac{A^k t^k}{k!} + \dots = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{A^k t^k}{k!} \quad 5$$

Sin embargo, el cálculo de las potencias de la matriz  $A$  y que es una suma infinita hace inviable este método. Otro procedimiento consiste en obtener la forma canónica de Jordan  $J$  de la matriz  $A$ , si  $P$  es la matriz no singular, tal que

$$A = P^{-1}JP \quad 6$$

entonces [ 3 ]

$$e^{At} = Pe^{Jt}P^{-1} \quad 7$$

Para calcular  $e^{Jt}$  podemos suponer que  $J$  es la suma directa ( ésta operación consiste en empalmar o sobre poner las matrices que se están sumando [ 3 ] ó  $A \oplus B = \begin{pmatrix} A & 0 \\ 0 & B \end{pmatrix}$ )

$$J = \oplus J_k$$

donde  $J_k$  es un bloque de Jordan correspondiente al valor propio  $\lambda_k$

$$J_k = J_k(\lambda_k) = \begin{pmatrix} \lambda_k & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_k & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_k \end{pmatrix}$$

y la evaluación de esta matriz se hace con la fórmula

$$f(J_k) = \begin{pmatrix} f(\lambda_k) & f'(\lambda_k) & \dots & \frac{f^{(m_k-1)}(\lambda_k)}{(m_k-1)!} \\ 0 & f(\lambda_k) & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \ddots & f'(\lambda_k) \\ 0 & 0 & 0 & f(\lambda_k) \end{pmatrix} \quad 8$$

donde  $f$  es la función exponencial y  $m_k$  es el tamaño del bloque de Jordan  $J_k$ . Entonces [ 4 ]

$$e^{Jt} = \oplus e^{J_k t} \quad 9$$

El problema con este procedimiento es que la forma canónica de Jordan no es fácil de calcular, porque necesitamos los valores propios de la matriz  $A$ . Además debemos calcular la matriz  $P$  y su inversa.

**Ejemplo 1.** ¿Cómo se aplica el procedimiento que hemos descrito para la matriz  $A$ ?, donde

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & 1 \\ -4 & 3 & 2 \end{pmatrix}$$

**Solución.** Primero necesitamos sacar los valores y vectores propios

$$\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \frac{3}{5} & 1 & 0 \\ \frac{4}{5} & 1 & 0 \\ \frac{1}{5} & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

El primer vector columna contiene los valores propios, mientras que las columnas de la matriz son los vectores propios. De esto podemos concluir que el valor propio 2 tiene un vector propio  $\begin{pmatrix} \frac{3}{5} & \frac{4}{5} & 1 \end{pmatrix}$ , es decir el valor propio 2 tiene multiplicidad algebraica 1 y dimensión geométrica 1. Por lo tanto la forma canónica de Jordan tiene un bloque de Jordan de la forma

$$J_1 = (2)$$

Por otro lado el valor propio 1 tiene multiplicidad algebraica 2 y dimensión geométrica 1, así que para este valor propio hay un solo bloque de Jordan y es

$$J_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

El siguiente paso es obtener la dimensión de los espacios  $\text{Ker}(A - 2I)^k, k = 1, 2, \dots$  y  $\text{Ker}(A - I)^k, k = 1, 2, \dots$  hasta que lleguemos a la dimensión geométrica de cada valor propio.

Empezamos con  $\text{Ker}(A - 2I)^k$  y cuando  $k = 1$  se obtiene la base  $\begin{pmatrix} \frac{3}{5} & \frac{4}{5} & 1 \end{pmatrix}$  que ya coincide con la dimensión geométrica del valor propio 2. Entonces este vector va a formar la primera columna de la matriz  $P$

Ahora hacemos lo mismo con  $\text{Ker}(A - I)^k$ . Cuando  $k = 2$  una base de  $\text{Ker}(A - I)^2$  es

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

que ya coincide con la dimensión geométrica del valor propio 1. Tomamos uno de estos dos vectores, por ejemplo, el  $v = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  y calculamos  $(A - I)v$  para obtener  $w = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ . Entonces las dos últimas columnas de la matriz  $P$  están formadas por  $w$  y  $v$ .

Así la matriz  $P$  es

$$P = \begin{pmatrix} \frac{3}{5} & 1 & 0 \\ \frac{4}{5} & 1 & 0 \\ \frac{1}{5} & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

y su inversa es

$$P^{-1} = \begin{pmatrix} -5 & 5 & 0 \\ 4 & -3 & 0 \\ 1 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

Haciendo el producto  $P^{-1}AP$  obtenemos la forma canónica de Jordan

$$J = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Ahora, por la ecuación 7

$$e^{At} = P(e^{J_1 t} \oplus e^{J_2 t})P^{-1} \quad 10$$

Calculando las exponenciales del segundo miembro con la fórmula 8 obtenemos

$$e^{J_1 t} = \begin{pmatrix} e^{2t} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$e^{J_2 t} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^t & e^t \\ 0 & 0 & e^t \end{pmatrix}.$$

Entonces

$$e^{J_1 t} \oplus e^{J_2 t} = \begin{pmatrix} e^{2t} & 0 & 0 \\ 0 & e^t & e^t \\ 0 & 0 & e^t \end{pmatrix}$$

donde la suma directa de las matrices se obtiene empalmándolas.

Lo que debemos hacer ahora son los cálculos en 10 para obtener el resultado final

$$e^{At} = P(e^{J_1 t} \oplus e^{J_2 t})P^{-1} = \begin{pmatrix} -3e^{2t} + 5e^t & 3e^{2t} - 5e^t & e^t \\ -4e^{2t} + 5e^t & 4e^{2t} - 5e^t & e^t \\ -5e^{2t} + 6e^t & 5e^{2t} - 7e^t & 2e^t \end{pmatrix}$$

A través del ejemplo se puede ver que si el tamaño de la matriz aumenta los cálculos son más complicados.

### III. Método de Luis Verde.

Los estudios de doctorado que estoy haciendo van encaminados a generar métodos para calcular funciones de matrices, pero en los que no sea necesario conocer los valores propios [ 5 ].

**III.1. Polinomios de Horner.** En esta sección buscamos cómo escribir las potencias  $1, z, z^2, \dots$  en términos de los polinomios de Horner, los cuales definimos como:

**Definición 1.** Sea

$$w(z) = z^{n+1} + b_1 z^n + \dots + b_{n+1} \quad 11$$

el polinomio característico de la matriz  $A \in \mathbb{C}^{(n+1) \times (n+1)}$ . Definimos la sucesión  $\{w_k\}_{k=0}^{\infty}$  de polinomios de Horner asociados con  $w$  como sigue:

$$w_k(z) = z^k + b_1 z^{k-1} + b_2 z^{k-2} + \dots + b_k, \quad k \geq 0 \quad 12$$

donde  $b_0 = 1$  y  $b_j = 0$  para  $j > n + 1$ .

Es claro que  $w_{n+1}(z) = w(z)$  y  $w_{n+1+k}(z) = z^k w(z)$ , porque:

$$\begin{aligned} w_{n+1+k}(z) &= z^{n+1+k} + b_1 z^{n+k} + \dots + b_{n+k+1} \\ &= z^{n+1+k} + b_1 z^{n+k} + \dots + b_{n+1} z^k \\ &= z^k (z^{n+1} + b_1 z^n + \dots + b_{n+1}) = z^k w(z) \end{aligned}$$

Además  $\{w_k\}_{k=0}^n$  es una base del sub-espacio de todos los polinomios de grado a lo más  $n$ . También estos polinomios tienen la propiedad:

$$w_{k+1}(z) = zw_k(z) + b_{k+1}, \quad k \geq 0 \quad \mathbf{13}$$

porque:

$$\begin{aligned} zw_k(z) + b_{k+1} &= z(z^k + b_1 z^{k-1} + \dots + b_k) + b_{k+1} \\ &= z^{k+1} + b_1 z^k + \dots + b_k z + b_{k+1} = w_{k+1}(z) \end{aligned}$$

**Definición 2.** Definimos el reverso  $w^*$  de  $w$  como:

$$w^*(t) = 1 + b_1 t + \dots + b_{n+1} t^{n+1}.$$

**Teorema 1.**  $w^*(t) = (1 - zt) \sum_{k=0}^{\infty} w_k(z) t^k$ .

La demostración se hace utilizando la definición 11 y la fórmula 13 como sigue:

$$(1 - zt) \sum_{k=0}^{\infty} w_k(z) t^k = \sum_{k=0}^{\infty} w_k(z) t^k - \sum_{k=0}^{\infty} zw_k(z) t^{k+1}$$

Quitando el primer término en la primera suma del segundo miembro obtenemos:

$$1 + \sum_{k=1}^{\infty} w_k(z) t^k - \sum_{k=0}^{\infty} zw_k(z) t^{k+1}.$$

Ahora haciendo que la primera suma empiece en cero obtenemos:

$$\begin{aligned} 1 + \sum_{k=0}^{\infty} w_{k+1}(z) t^{k+1} - \sum_{k=0}^{\infty} zw_k(z) t^{k+1} &= 1 + \sum_{k=0}^{\infty} [w_{k+1}(z) - zw_k(z)] t^{k+1} \\ &= 1 + \sum_{k=0}^{\infty} b_{k+1} t^{k+1} = 1 + \sum_{k=0}^n b_{k+1} t^{k+1} = w^*(t), \end{aligned}$$

porque  $b_j = 0$  para  $j > n + 1$ .

**Definición 3.** Definimos la serie

$$h(t) = 1 + h_1 t + h_2 t^2 + \dots \quad 14$$

como la serie de potencias que satisface  $h(t)w^*(t) = 1$ .

Ahora hacemos una observación sobre la región de convergencia de la serie 14. Como

$$\begin{aligned} w^*(t) &= 1 + b_1 t + \dots + b_{n+1} t^{n+1} = t^{n+1} \left[ \frac{1}{t^{n+1}} + \frac{b_1}{t^n} + \dots + b_{n+1} \right] \\ &= t^{n+1} w\left(\frac{1}{t}\right) \end{aligned}$$

entonces las raíces de  $w^*$  son los recíprocos de las raíces de  $w$  y por lo tanto la serie 14 converge para

$$|t| < \rho \quad , \quad 15$$

donde  $\rho = 1/M$  y  $M$  es el máximo de los módulos de las raíces de  $w$ .

**Teorema 2.**  $z^l = w_l(z) + h_1 w_{l-1}(z) + h_2 w_{l-2}(z) + \dots + h_l$ ,  $l \geq 0$ .

La demostración se hace utilizando la fórmula del teorema 1 escribiéndola como:

$$\frac{1}{1-zt} = h(t) \sum_{k=0}^{\infty} w_k(z) t^k = \sum_{k=0}^{\infty} h_k t^k \sum_{k=0}^{\infty} w_k(z) t^k$$

Haciendo el producto de las series y utilizando el desarrollo en series de la serie geométrica obtenemos:

$$1 + zt + z^2 t^2 + \dots = h_0 w_0 + (h_0 w_1 + h_1 w_0) t + (h_0 w_2 + h_1 w_1 + h_2 w_0) t^2 + \dots$$

Comparando los coeficientes de  $t^l$  en ambos lados obtenemos la fórmula, del Teorema.

**III.2. Funciones de matrices.** Utilizaremos lo que hicimos en la sección anterior para definir funciones de matrices.

**Teorema 3.** Sea  $f(z) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k z^k$  una serie de potencias con radio de convergencia positivo  $R$ . Sea  $A$  una matriz de  $(n+1) \times (n+1)$  y  $w(z)$  su polinomio característico de grado  $n+1$  donde  $w(A) = 0$ . Entonces

$$f(tA) = \sum_{k=0}^n g_k(t)w_k(A) \quad 16$$

donde

$$g_k(t) = \sum_{i=k}^{\infty} a_i h_{i-k} t^i, k \geq 0 \quad 17$$

**Demostración.** Empezamos escribiendo la serie de potencias como:

$$f(z) = a_0 + a_1 z t + a_2 z^2 t^2 + a_3 z^3 t^3 + \dots \quad 18$$

Ahora sustituimos las potencias de  $z$  con la fórmula del teorema 2 para obtener:

$$\begin{aligned} & a_0(h_0 w_0) + \\ & a_1(h_1 w_0 + h_0 w_1)t + \\ & a_2(h_2 w_0 + h_1 w_1 + h_0 w_2)t^2 + \\ & a_3(h_3 w_0 + h_2 w_1 + h_1 w_2 + h_0 w_3)t^3 + \\ & \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \end{aligned}$$

Sumando por columnas, es decir, juntando los términos que contienen a  $w_0$ , después a los que contienen a  $w_1$ , etc., obtenemos:

$$\sum_{i=0}^{\infty} a_i h_i t^i w_0 + \sum_{i=1}^{\infty} a_i h_{i-1} t^i w_1 + \sum_{i=2}^{\infty} a_i h_{i-2} t^i w_2 + \sum_{i=3}^{\infty} a_i h_{i-3} t^i w_3 + \dots$$

Finalmente esta suma se puede escribir como:

$$f(tz) = \sum_{k=0}^{\infty} \left( \sum_{i=k}^{\infty} a_i h_{i-k} t^i \right) w_k(z) \quad 19$$

Como  $w_k(A) = 0$  para  $k > n$ , reemplazando  $z$  por  $A$  en la ecuación (9) obtenemos:

$$f(tA) = \sum_{k=0}^m \left( \sum_{i=k}^{\infty} a_i h_{i-k} t^i \right) w_k(A)$$

Para poder aplicar 16 y 17 necesitamos decir como calcular el polinomio característico  $w(z)$  y los coeficientes de la serie  $h(t)$ .

### III.3. El polinomio característico.

El polinomio característico de una matriz  $A \in \square^{(n+1) \times (n+1)}$  se define como:

$$w(z) = \det(zI - A) \quad 20$$

Obtener este polinomio con la fórmula 20 es muy laborioso debido al cálculo del determinante. En lugar de utilizar la fórmula 20 emplearemos el teorema de Cayley-Hamilton para calcular los coeficientes del polinomio característico. Sabemos que si

$$w(z) = z^{n+1} + b_1 z^n + \dots + b_{n+1}$$

entonces

$$w(A) = A^{n+1} + b_1 A^n + \dots + b_{n+1} I = 0 \quad \mathbf{21}$$

La ecuación **21** expresa la igualdad de dos matrices [ 6 ] de tamaño  $(n + 1) \times (n + 1)$ , y donde  $b_1, \dots, b_{n+1}$  son incógnitas a determinar. Para encontrar las incógnitas tomamos la primer columna de **21** para formar un sistema de  $n + 1$  ecuaciones lineales con  $n + 1$  incógnitas:

$$b_1 (A^n)^{(1)} + \dots + b_{n+1} (I)^{(1)} = (-A^{n+1})^{(1)} \quad \mathbf{22}$$

donde el super-índice indica la columna uno de la matriz. Observe que para obtener las primeras columnas se puede utilizar el siguiente procedimiento:

$$\begin{aligned} & (I)^{(1)}, \\ & (A)^{(1)} = A(I)^{(1)} \\ & (A^2)^{(1)} = A(A)^{(1)} \\ & (A^3)^{(1)} = A(A^2)^{(1)} \\ & \vdots \\ & (A^n)^{(1)} = A(A^{n-1})^{(1)} \\ & (A^{n+1})^{(1)} = A(A^n)^{(1)} \end{aligned}$$

Después de encontrar los valores de las incógnitas comprobamos si ellas satisfacen la ecuación **21**. Si no sucede esto tomamos otra columna u otro renglón.

#### III.4. Cálculo de los coeficientes de la serie $h(t)$ .

Como sabemos la serie  $h(t)$  se define como:

$$h(t)w^*(t) = 1$$

o

$$\sum_{j=0}^{n+1} b_j t^j \sum_{j=0}^{\infty} h_j t^j = 1$$

Haciendo el producto de las series

$$\sum_{j=0}^k b_j h_{k-j} = \delta_{0,k}, \quad k \geq 0$$

donde  $b_j = 0$  para  $j > n + 1$ . Despejando a  $h_k$  de la ecuación anterior se obtiene:

$$h_k = -\sum_{j=1}^k b_j h_{k-j} \quad \mathbf{22}$$

Observe que  $b_j = 0$  para  $j > n + 1$ .

**Ejemplo 2.** Con todo lo que hemos hecho es el momento de dar algunos ejemplos donde se apliquen las fórmulas **16** y **17**. Como **17** es una serie la aproximaremos cortándola después de  $t^{20}$ . Nuestro ejemplo consistirá en calcular la exponencial  $e^{tA}$ , donde  $A$  es la matriz del ejemplo 1.

**Solución.** El número de dígitos con los que vamos a hacer las operaciones es 20.

Primero calculamos el polinomio característico con la fórmula **22**, la cual genera el sistema de ecuaciones

$$-6b_1 - b_2 + b_3 = 17$$

$$-10b_1 - 3b_2 = 25$$

$$-13b_1 - 4b_2 = 32$$

y cuya solución es

$$b_1 = -4, b_2 = 5 \text{ y } b_3 = -2$$

Entonces el polinomio característico es  $w(z) = z^3 - 4z^2 + 5z - 2$ . Con este polinomio construimos los polinomios de Horner con la fórmula **12**, esto da como resultado

$$w_0 = 1$$

$$w_1 = z - 4$$

$$w_2 = z^2 - 4z + 5$$

Ahora la fórmula **16** nos da

$$e^{At} = g_0(t)w_0(A) + g_1(t)w_1(A) + g_2(t)w_2(A) \quad \mathbf{23}$$

Y lo que nos hace falta es calcular las funciones  $g_k$  con la fórmula **17**, para ello necesitamos los coeficientes de la serie  $h(t)$ , los cuales se calculan con **22**. Haciendo las operaciones se obtiene

$$g_0(t) \cong 1 - 4t - \dots + 0.0000414254101t^{20}$$

$$g_1(t) \cong t - 2t^2 + \dots - 0.000008178591245t^{20}$$

$$g_2(t) \cong 0.5t^2 - .6666666668t^3 + \dots + 0.000001614693846t^{20}$$

La función  $g_2(t)$  se llama la solución dinámica y se satisfacen las siguientes propiedades:

$$g_2'(t) = g_1(t) \quad g_1'(t) = g_0(t)$$

Es decir, a partir de la función  $g_2$  podemos calcular las funciones  $g_1$  y  $g_0$ .

Por ejemplo, si  $t = 1$ , obtenemos para **23**

$$B = \begin{pmatrix} -8.5757591544965891037 & 8.5757591544965891070 & 2.7182818284590452347 \\ -15.964815253427194201 & 15.964815253427194203 & 2.7182818284590452347 \\ -20.635589523898754060 & 17.917307695439708825 & 5.436563656918090472 \end{pmatrix}$$

Mientras que la fórmula que obtuvimos en el ejemplo 1 nos da

$$C = \begin{pmatrix} -8.575759154496724505 & 8.575759154496724505 & 2.7182818284590452354 \\ -15.964815253427374732 & 15.964815253427374732 & 2.7182818284590452354 \\ -20.635589523898979724 & 17.917307695439934488 & 5.4365636569180904708 \end{pmatrix}$$

Finalmente para evaluar el error compararemos los resultados obtenidos en los ejemplos **1** y **2**, tomando en cuenta que el resultado del ejemplo **1** es el correcto.

$$\|B - C\|_\infty = 4.513282 * 10^{(-13)}$$

#### IV. Conclusiones.

La primera conclusión que obtenemos a partir del método que estamos proponiendo es que no necesitamos calcular los valores propios de la matriz  $A$  para calcular  $e^{At}$ , como con el método de la forma canónica de Jordan.

Lo más complicado que se hace en el método de Luis Verde es el cálculo de los coeficientes de las series  $g_k$ , además solamente necesitamos hacer multiplicaciones y divisiones de números que se pueden obtener fácilmente para calcular estos coeficientes. En cambio con el método de la forma canónica de Jordan debemos calcular los valores propios, los vectores propios, los kernels de las matrices  $(A - \lambda I)^k$  y la inversa de la matriz  $P$ . Pero además si la matriz es grande, digamos de tamaño 20, los cálculos con la forma canónica de Jordan son más complicados que con el método de Luis Verde.

Aunque nosotros hemos aplicado la fórmula **16** para la función exponencial, ésta es de carácter general y con ella podemos calcular otras funciones de matrices como  $\text{sen}(A)$ ,  $\text{ln}(A)$  etc.

Para aumentar la exactitud podemos cortar la serie  $g_k$  después de  $t^{40}$  o  $t^{100}$  y entonces podemos preguntarnos si existirá alguna forma de escribir la fórmula **16** de tal manera que tomando pocos términos en  $g_k$  se obtenga una buena precisión.

## V. Referencias.

[ 1 ] Katsuhiko Ogata, *Sistemas de Control en Tiempo Discreto*, Prentice Hall, Segunda Edición, 1996

[ 2 ] Dennis G. Zill, Michael R. Cullen, *Ecuaciones diferenciales con problemas de valores en la frontera*, Thomson Learning, Quinta Edición, 2002.

[ 3 ] Nicholas J. Higham, *Functions of Matrices*, SIAM, 2008.

[ 4 ] Hans Schneider, *Matrices and Linear Algebra*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., Second Edition, 1973.

[ 5 ] Luis Verde-Star. *Functions of matrices*, Linear Algebra and its Applications 406 ( 2005 ) 285-300.

[ 6 ] Frank Ayres, Jr., *Matrices*, Mc Graw Hill.

# *Análisis de la Linealidad de los Arreglos Punta Plano como Dispositivos de Medición de Alta Tensión con Corriente Directa*

*Alberto Rafael Portillo Méndez, Víctor Manuel Salazar del Moral, Javier Herrera Espinosa*

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, ESIME Zacatenco-IPN, México DF., México  
E-mail: aportillo@ipn.mx

*Resumen* — En este artículo se presenta la desviación estándar que se calculó a partir de datos experimentales, que se obtuvieron en pruebas de laboratorio, para tensiones de ruptura con corriente directa en ambas polaridades a gran altitud sobre el nivel del mar. Para las pruebas se empleó el arreglo punta-plano usando tres diferentes perfiles para el electrodo punta. La desviación estándar se reporta en función de la humedad absoluta, del perfil del electrodo punta empleado y de la separación entre electrodos. Las pruebas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Alta Tensión de la ESIME Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional, localizado a una altitud de 2240 msnm.

*Palabras Clave* – arreglo punta-plano, humedad absoluta

*Abstract* — This paper presents values of the standar deviation that was calculated from experimental laboratory tests, for direct current breakdown voltages in both polarities at high attitud over the sea level. The rod gap plane configuration was used for the tests. During the laboratory tests three different profiles for the rod electrode were employed. Standar deviation is recorded as a function of the absolute humidity, rog gap profile and gap between electrodes. The tests were carried out in ESIME Zacatenco's Laboratorio de Alta Tension that belongs to Instituto Politécnico Nacional, located at 2240 msnm.

*Keywords* — rod gap plane configuration, absolute humidity

## Introducción

Para medir tensiones de corriente directa anteriormente se empleaban los vóltmetros de esferas. El error estimado, considerando que no existen fibras en el aire, es de hasta el 5%; Sin embargo ante la presencia de fibras pueden presentarse valores anormales de hasta el 30% la magnitud de la tensión de ruptura promedio[1]. Debido a su gran dispersión en los valores de ruptura ante la presencia de fibras y partículas de polvo, cuando se emplean con tensiones de corriente directa, condujeron a investigar técnicas alternativas. En 1989 se estableció en la Norma Internacional IEC-60[2] el arreglo punta cuadrada-punta cuadrada como una alternativa en la medición de altas tensiones con corriente directa.

Además de que este arreglo ofrece una dispersión menor en sus valores de ruptura, no se presentan valores anormales de ruptura ante la presencia de fibras. La limitante que presentan estos arreglos es que la linealidad de la tensión de ruptura contra la humedad específica se pierde para valores mayores a 13 gr/m<sup>3</sup> [2-7]. Con el propósito de contar con una opción que ofrezca una menor desviación estándar en sus valores de ruptura y al mismo tiempo un intervalo mayor de linealidad, se ha optado por investigar las características de los arreglos punta-plano[7].

Las diferentes investigaciones existentes, con el propósito de definir los límites de linealidad de éstos arreglos, son a nivel del mar, por lo que se requiere de su análisis y estudio a diferentes altitudes, sobre todo a grandes, ya que el efecto entreverado de la

humedad y la altitud influye en el régimen de descarga lo cual modifica a su vez, los límites de linealidad de dichos arreglos.

En este artículo se presentan valores de desviación estándar utilizando el arreglo punta-plano para tensiones de corriente directa con ambas polaridades a un valor de densidad relativa del aire de 0.77, correspondiente a una altitud de 2240 msnm. Se analiza el efecto de la humedad y del claro así como del perfil de los electrodos punta empleados durante las pruebas de laboratorio.

## Metodología

El arreglo experimental para llevar a cabo las pruebas de laboratorio fue un arreglo punta-plano; se emplearon tres diferentes perfiles para el electrodo punta, siendo éstos de las siguientes características: los tres electrodos fueron hechos de latón, un electrodo cuadrado de 0.20 m por lado, otro cilíndrico con terminación cónica ( $36^\circ$ ) y un tercero también cilíndrico pero con terminación semiesférica (radio de 0.01 m). El electrodo plano es de hierro con dimensiones de 0.9X1.4 m<sup>2</sup>.

Los electrodos punta se conectaron a una fuente de corriente directa mientras que, el electrodo plano se aterrizó. Para cada separación entre electrodos se registró una serie de 10 disparos y se calculó el valor promedio de los mismos.

Para polaridad positiva el intervalo del claro entre el electrodo punta y el plano varió desde 0.20 m hasta 1.00 m con incrementos de 0.20 m.

Para polaridad negativa el claro fue desde 0.03 m hasta 0.036 m con incrementos de 0.03 m.

La medición de la tensión de ruptura se llevó a cabo mediante un divisor resistivo; así mismo se registraron las condiciones atmosféricas (humedad relativa, temperatura, presión) para cada serie de rupturas.

La humedad relativa se midió con un higrometro convencional. La humedad absoluta varió desde 5.4 hasta 14.20 gr/m<sup>3</sup> y se calculó utilizando las tablas de vapor de la British Estándar[8].

## Resultados

Las figuras 1 y 2 muestran la desviación estándar de los valores de tensión de ruptura, con polaridad positiva, para los arreglos punta cónica-plano, punta cuadrada-plano y punta semiesférica plano. Se observa que conforme aumenta la humedad absoluta y el claro entre el electrodo punta y el plano, la desviación estándar tiende a disminuir. De acuerdo a estos valores de desviación estándar, los arreglos punta cónica-plano y punta cuadrada-plano son herramientas confiables en la medición de tensiones de corriente directa a gran altitud. Sus valores máximos de desviación estándar para todo el claro en estudio son menores al 5%. Aunque el arreglo punta semiesférica-plano presenta valores confiables de dispersión para los claros de 0.40 m, 0.80 m y 1.00 m no se recomienda su uso para el propósito citado ya que para los claros de 0.20 m y 0.60 m, los valores máximos de dispersión son de 8.1% y 7.8%, respectivamente. Los resultados publicados a nivel del mar ( $\delta=1.0$ ) por otros autores[6, 7, 9], indican que la desviación

estándar sobrepasa el 5% para valores mayores a 13 gr/m<sup>3</sup>, mientras que a gran altitud, como se puede observar en las figuras, los resultados continúan siendo confiables.

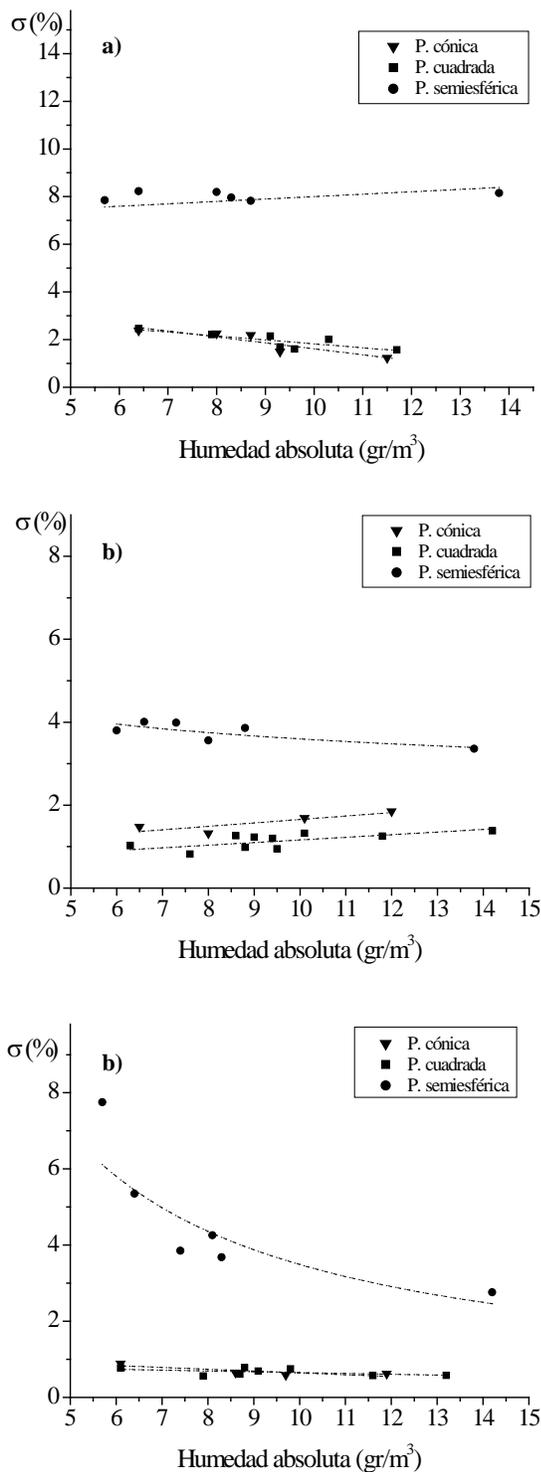


Figura 1. Desviación estándar en función de la humedad absoluta, con polaridad positiva, para los tres diferentes perfiles de electrodos punta empleados durante las pruebas de laboratorio para los claros de a) 0.20 m, b) 0.40 m y c) 0.60 m.

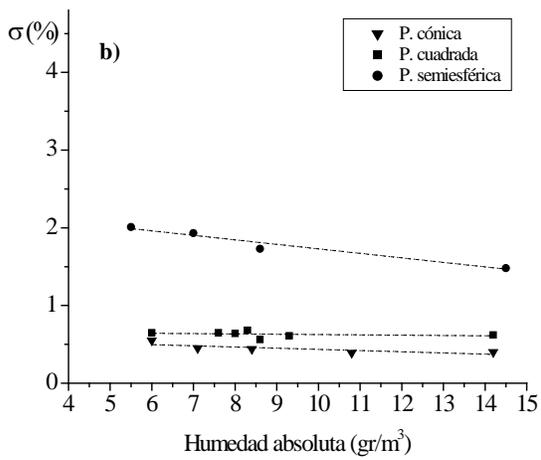
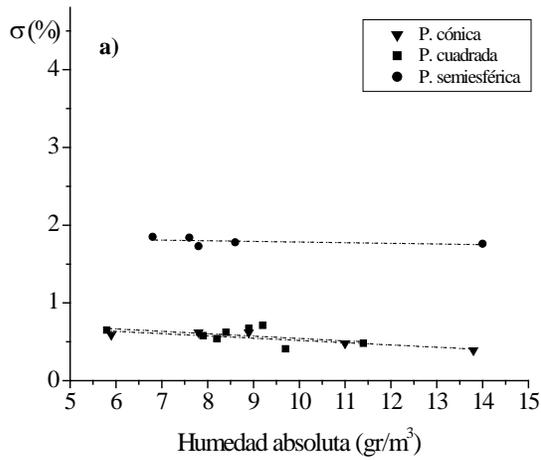


Figura 2. Desviación estándar en función de la humedad absoluta, con polaridad positiva, para los tres diferentes perfiles de electrodos punta empleados durante las pruebas de laboratorio para los claros de a) 0.80 m y b) 1.00 m.

Las figuras 3, 4 y 5 muestran los valores de desviación estándar, con polaridad negativa, para los tres arreglos empleados durante las pruebas de laboratorio. Al igual que en polaridad positiva la dispersión de los resultados disminuye al incrementar la separación interelectródica. Para los claros de 0.03 m y 0.06 m para los arreglos punta cónica-plano y punta semiesférica-plano la ruptura se dio por chispa y no por streamer, lo cual se ve reflejado en las curvas de desviación estándar, donde los valores de dispersión son mayores a cuando la ruptura se presenta por streamer. En la referencia [10] se pueden consultar los promedios de los datos experimentales.

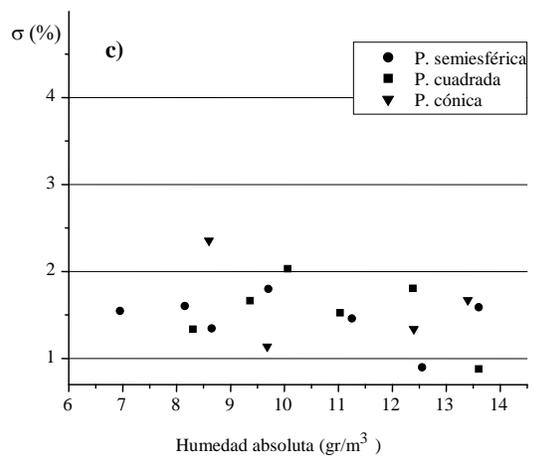
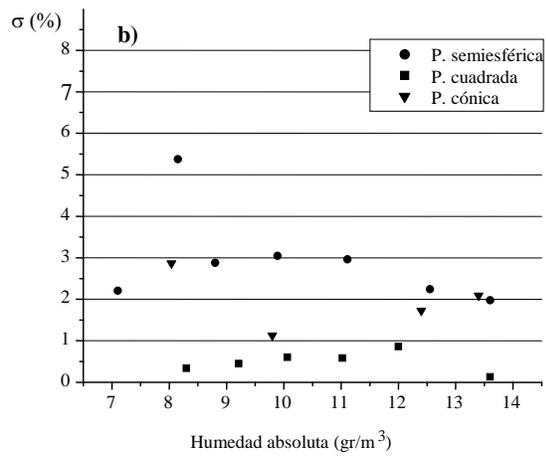
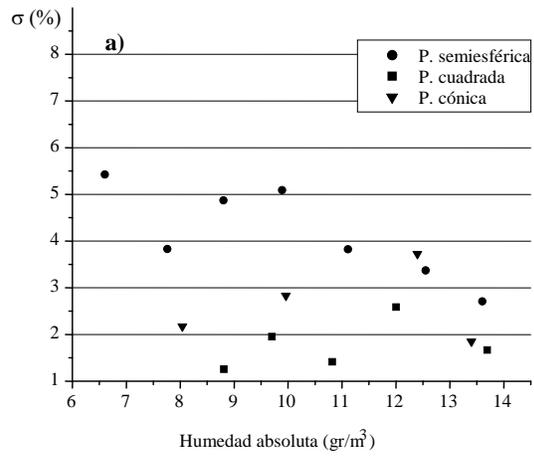


Figura 3. Desviación estándar en función de la humedad absoluta, con polaridad negativa, para los tres diferentes perfiles de electrodos punta empleados durante las pruebas de laboratorio para los claros de a) 0.03 m, b) 0.06 m y c) 0.09 m

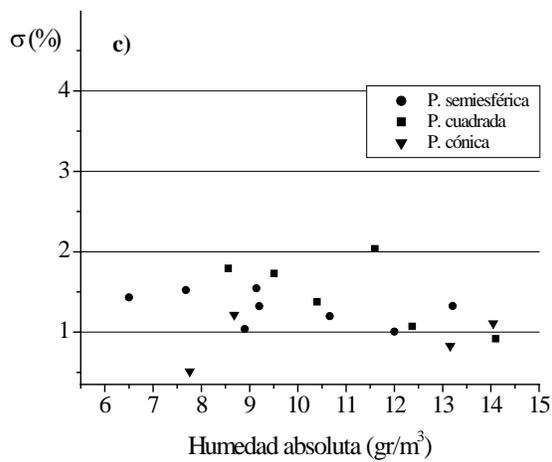
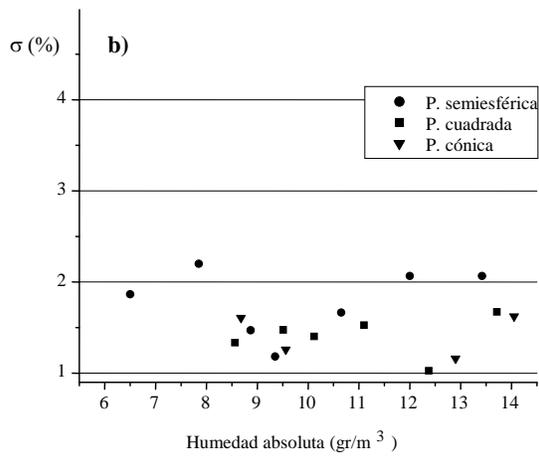
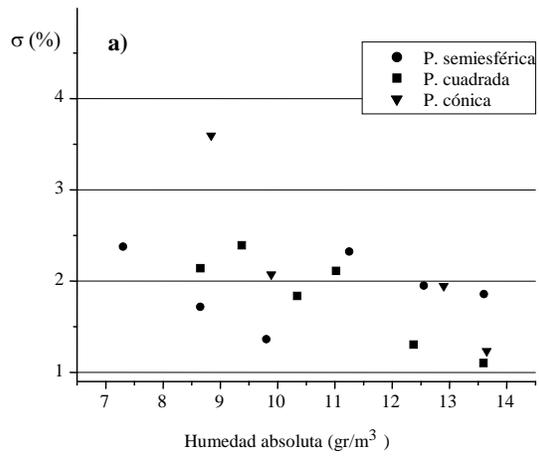


Figura 4. Desviación estándar en función de la humedad absoluta, con polaridad negativa, para los tres diferentes perfiles de electrodos punta empleados durante las pruebas de laboratorio para los claros de a) 0.12 m, b) 0.15 m y c) 0.18 m.

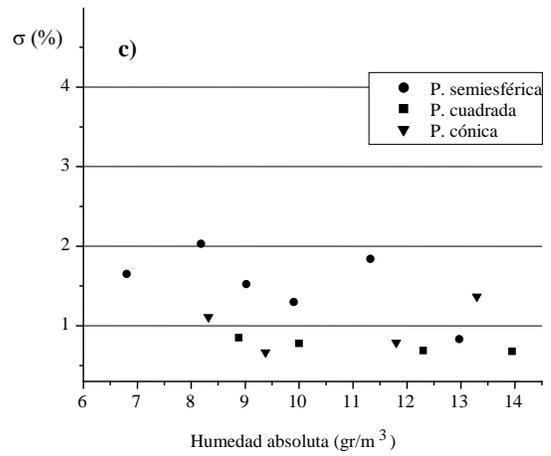
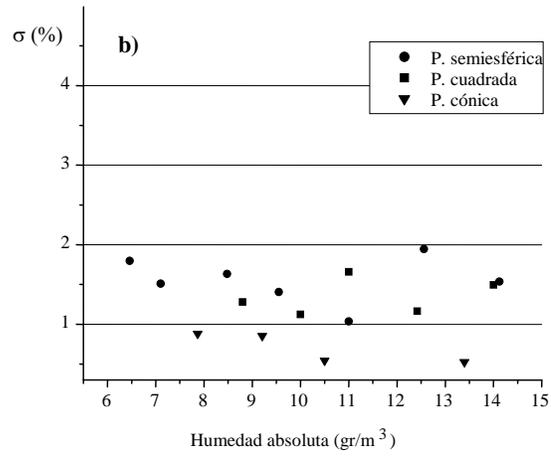
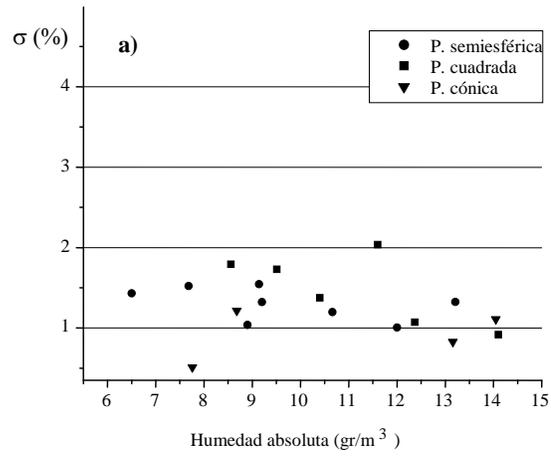


Figura 5. Desviación estándar en función de la humedad absoluta, con polaridad negativa, para los tres diferentes perfiles de electrodos punta empleados durante las pruebas de laboratorio para los claros de a) 0.21 m, b) 0.24 m y c) 0.30 m.

Para separaciones mayores a 0.06 m, la ruptura fue por streamer y al igual que el arreglo punta cuadrada-plano los valores que presentan son confiables (<5%) por lo que los tres arreglos pueden emplearse como una herramienta confiable en la medición de altas tensiones con corriente directa cuando la ruptura es por streamer. Al igual que a nivel del mar el arreglo que presenta un mayor intervalo de confiabilidad es el arreglo punta cuadrada-plano. En este arreglo la ruptura se dio por streamer a partir de los 0.03 m, mientras que para los otros dos arreglos a esta separación fue por chispa, lo cual hace que la descarga sea muy inestable y el valor de la desviación estándar sea mayor al 5%.

## CONCLUSIONES

Para polaridad positiva, tanto el arreglo punta cónica-plano como el arreglo punta cuadrada-plano son una buena alternativa para la medición de altas tensiones a gran altitud sobre el nivel del mar; no así el arreglo punta semiesférica-plano, el cual presenta valores de desviación estándar hasta de 8.1%. Para polaridad negativa, los tres arreglos presentados en este trabajo son una buena alternativa para el propósito mencionado. De manera general, la dispersión de sus valores de ruptura es pequeña (2%); Sin embargo debido al comportamiento del arreglo punta cuadrada-plano mostrado en el presente artículo y al reportado a nivel del mar, por otros autores con polaridad positiva y polaridad negativa, se recomienda éste último como herramienta en la medición de altas tensiones con corriente directa en ambas polaridades tanto a bajas como a grandes altitudes. El arreglo punta cuadrada-plano muestra un intervalo mayor de linealidad de la tensión de ruptura contra la humedad absoluta y separación entre electrodos.

## REFERENCIAS

- [1] Calva P. A., “*Técnicas de Diagnóstico de Descargas Eléctricas Aplicadas al Estudio de Descargas a Grandes alturas*”, Tesis de doctorado, IPN México 1993.
- [2] “*High Voltage Test Techniques*”, Publication 60-1, 2<sup>nd</sup> edition, IEC 1989.
- [3] Boutlendj M. et al., “*Positive DC Corona and Sparkover in short and Long Rod-Plane Gaps*”, *IEEE Proceedings-A*, vol. 138 No. 1, January 1991, pp. 31-36.
- [4] Loeb L. B., “*Fundamental Processes of Electrical Discharge in Gases*”, Wiley New York.
- [5] Kuffel E. And Zaengl W. S., “*High Voltage Engineering*”, Pergamon Press, 2nd edition.
- [6] Allen N. L. et al., “*Analysis and Comparison of Rod-Plane and Rod-Rod Gap as Direct Voltage Measurement Devices*”, *IEE Proceedings-A*, vol. 139, No. 6, pp 279-284, November 1992.
- [7] Allen N. L. and Boutlendj M., “*Dielectric Breakdown in No Uniform Field Air Gaps*”, *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, vol. 28, No. 2, pp.189-190, April 1993.
- [8] British Standards Institution gr 9, “*Guide on high voltage testing techniques*”, No. 923, 1972.
- [9] Fesr K. and Schmid J., “*Influence Atmospheric Conditions on the Impulse Breakdown of Rod-Plane Gaps*”, 5<sup>th</sup> International Symposium on High Voltage Engineering, Braunschweig, FRG, 1987, paper 11.01.
- [10] Salazar del Moral, V. M. “*Nuevos Factores de Corrección para Tensiones de Corriente Directa*”. Tesis de Maestría. SEPI-ESIME-IPN, México, 2003.

# ***La Situación Laboral y la Equidad de Género en los Egresados de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional***

**Virginia Medina Mejía José Hajar Miranda, Román Pamatz Reyes**

*Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Cómputo – Ciudad de México, Código Postal 07738, México*

*e-mail: vmedinamejia@yahoo.com.mx, hajar\_@hotmail.com, rdpamatz@hotmail.com*

**RESUMEN.** Esta investigación se fundamenta en el Programa Institucional de Gestión con Perspectiva de Género del Instituto Politécnico Nacional (IPN). El objetivo de este trabajo es identificar si existen diferencias entre hombres y mujeres en el ámbito laboral para los Ingenieros en Sistemas Computacionales (ISC) de la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM), y en caso de que las haya, identificar cuáles son y a qué se deben. Se analizan los salarios, las horas trabajadas por semana, los puestos y el tiempo que transcurre entre el momento en que egresan de la escuela y el momento en que son empleados en el mercado laboral.

**Palabras clave: equidad de género, situación laboral.**

**ABSTRACT.** This research is based on Institutional Program with a Gender Perspective of Instituto Politécnico Nacional (IPN). The aim of this study is to identify whether there are differences between men and women in the workplace for Computer Systems Engineers of the Escuela Superior de Cómputo (ESCOM), and if they exist, identify what they are and what are due. It discusses the salaries, hours worked per week, the posts and the time lag between the time they leave school and when they are employed in the labor market.

**Keywords: gender equity, employment status.**

## **INTRODUCCIÓN**

La perspectiva de género emerge como una posible herramienta para explicar los factores de inequidad que determinan la condición de las mujeres, siendo necesario evaluar la posición de las mujeres en la sociedad, no sólo por los factores socioeconómicos, sino los culturales, entre estos el papel asignado por la sociedad a la mujer, así como conocer cuáles son los obstáculos que se deben vencer para ampliar su participación en el mercado laboral.

## **METODOLOGÍA**

Para realizar el diagnóstico se utilizará el método cualitativo, aquel que produce datos descriptivos: las propias palabras escritas de los egresados. Es un estudio no experimental, dado que los encuestados son actores de la escuela objeto de estudio. Se usará un diseño transversal o transeccional porque se recolectarán los datos en un solo momento y en un tiempo único. Los sujetos de estudio serán los egresados de la carrera de ISC de la ESCOM del IPN.

## **Diseño de la Investigación**

Se generó un cuestionario, en el cual se realizó una prueba piloto a una muestra, la cual enriqueció el instrumento a partir de sugerencias de los participantes y a las inconsistencias que se detectaron. Lo anterior llevó a un rediseño del mismo, el cual se aplicó a una muestra estadísticamente representativa del universo de estudio.

## **Hipótesis**

La hipótesis que se plantea es que la participación de la mujer en el ámbito laboral ha aumentado, sin embargo, existe aún cierta inequidad de género que se requiere analizar.

## Objetivos

Describir la situación laboral con respecto a la equidad de género de los Ingenieros en Sistemas Computacionales egresados de la Escuela Superior de Cómputo, a través de:

1. Comparar las diferencias entre hombres y mujeres según su ubicación en la jerarquía del trabajo y sus ingresos.
2. Registrar las opiniones que manifiestan respecto a las situaciones en las que se manifiesta la equidad de género.
3. Analizar los resultados para obtener conclusiones.

## ANÁLISIS DE LA TEMÁTICA PLANTEADA

“La equidad de género se refiere a la igualdad de oportunidades para que hombres y mujeres participen en todos los ámbitos de la vida: en lo doméstico, en lo económico, en lo social, en lo político y en lo cultural. Significa que hombres y mujeres tengan acceso a la educación, salud, recursos y beneficios de la producción, al trabajo, al salario, a la toma de decisiones y a los cargos públicos” (Saldaña Calderón, 2008, p. 56).

Las diferentes sociedades han organizado las tareas que realizan sus integrantes para sobrevivir o progresar. Uno de los criterios de esta distribución de funciones ha sido el sexo de las personas, al cual también se le denomina división sexual del trabajo (Urrutia Elena, 2008, p. 36). De este concepto se derivan los roles de género, los cuales se refieren a las tareas o actividades que se espera desempeñe una persona según el sexo al que pertenece. Por ejemplo, tradicionalmente se ha asignado a los hombres desempeñar el rol de: políticos, mecánicos, jefes, etcétera (rol productivo); y para las mujeres el rol de: amas de casa, maestras, enfermeras, etcétera (rol reproductivo) (Rodríguez Mendoza, 2006, p. 20).

A partir de esta asignación de roles, para las mujeres es y ha sido un reto incursionar en los campos profesionales considerandos por la sociedad exclusivo para hombres. Por ejemplo, se ha considerado que las profesiones como las ingenierías son aptas para los hombres, en cambio, las profesiones que son aptas para las mujeres son las sociales, humanísticas y artísticas. A la ingeniería se la considera para hombres, ya que éstos deben responder al estereotipo de fuerza, don de mando, liderazgo, e independencia, características que no son consideradas socialmente propias de la mujer (Moral Nieto, 2008, p. 9).

La consecuencia más inmediata que encontramos en el IPN es la siguiente (Fig 1): en el área de Ciencias Físico Matemáticas del año 2006, el total de la población estudiantil fue de 50,416 alumnos; de los cuales estaban inscritos 36,844 hombres que representan el 73%; así como 13,572 mujeres que corresponden a un 27 % del total de la población estudiantil. Lo cual significa una diferencia mayor de 23,272 estudiantes varones con respecto a las estudiantes mujeres.

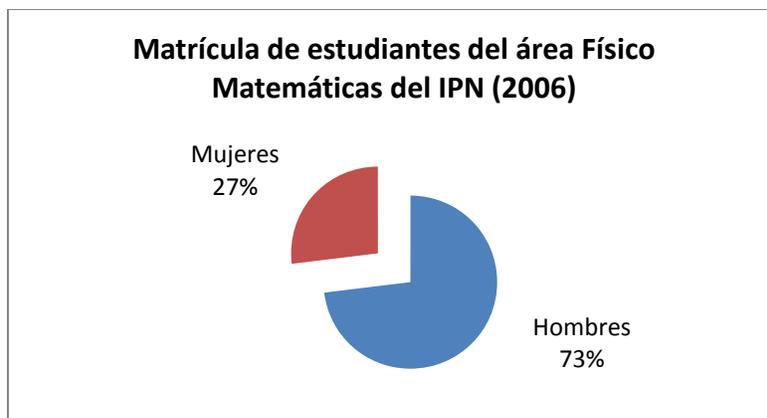


Fig 1. Matrícula de estudiantes en el área Físico Matemáticas del IPN (2006).

Por otra parte, en la ESCOM del IPN actualmente en el semestre agosto – diciembre de 2010 (Fig 2), se tiene una población estudiantil total de 2,346 alumnos, de los cuales 1,947 son hombres (83%) y 399 son mujeres (17%).

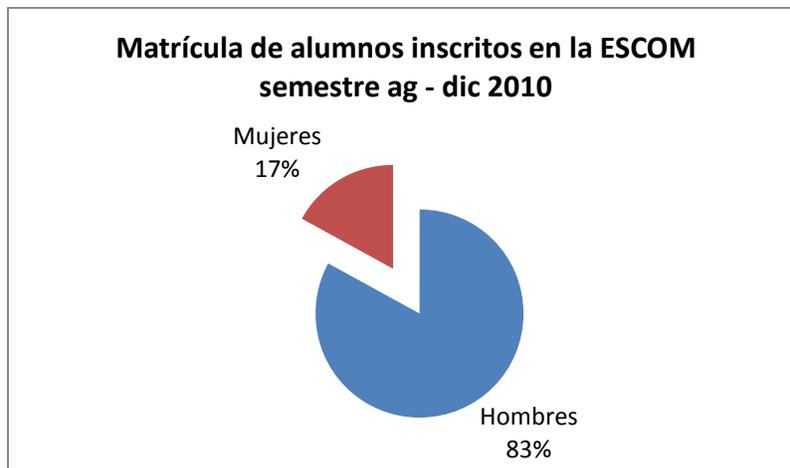


Fig 2. Matrícula de alumnos inscritos en la ESCOM (2010).

Como podemos observar, las carreras de ingeniería siguen siendo consideradas propias para los hombres, ya que persiste una baja cifra de mujeres que eligen estudiar este tipo de profesiones, debido a que, en general las mujeres y los hombres siguen eligiendo carreras distintas. Esto nos lleva a plantear la necesidad de lograr una mayor equidad de género en el área de físico matemáticas, por lo que se deben considerar mayores estímulos para las jóvenes.

En cuanto al ámbito laboral, la participación de las mujeres en México es apenas superior al 30%, esto es, poco más de tres mujeres por cada 10 en edad laboral, se encuentran trabajando. Las restricciones a la contratación de mano de obra femenina pueden obedecer a la discriminación que las mujeres sufren en el mercado de trabajo. Una explicación podría ser que la contratación implica mayores costos, por ejemplo las leyes laborales dirigidas a proteger a la mujer en estado de gravidez y durante los primeros meses de vida del hijo, pueden actuar como obstáculos para su ingreso al mercado de trabajo (De Riz, 1986, p. 27).

Afortunadamente, la asignación de roles está cambiando. Anualmente, aumenta el número de mujeres que se incorporan al mercado de trabajo, compartiendo con los hombres las responsabilidades económicas.

## RESULTADOS

Para conocer el punto de vista de los egresados se decidió aplicar un cuestionario, la muestra estuvo formada por 48 alumnos egresados, de los cuales 9 son mujeres (19%) y 39 son hombres (81%). Dentro de los resultados más relevantes destacan los siguientes:

El 100% de los egresados que integran la muestra se encuentran trabajando de tiempo completo, sus años de experiencia laboral van desde 1 año hasta los 13 años y el 96% trabaja en el área de sistemas. Las razones por las cuales eligieron la carrera de ISC fueron las siguientes: gusto por la computación y la tecnología; por el amplio campo laboral que tiene la carrera; y por ser una carrera bien remunerada.

De acuerdo con la encuesta, la inserción laboral tanto de hombres como de mujeres ha sido en algunos casos desde antes de concluir la carrera, de manera inmediata a la terminación de la carrera o menor a tres meses, lo cual ha representado una gran ventaja para los egresados ya que han logrado incorporarse de una manera casi inmediata al área de sistemas. Asimismo, los egresados han logrado un reconocimiento profesional de su especialidad, por lo que podemos considerarla una de las carreras más cotizadas en el mercado de trabajo.

Las bondades de esta carrera permiten a las mujeres la posibilidad de lograr igualdad de trato y de oportunidades, ya que requiere menos atributos típicamente masculinos, como la fortaleza física, por ejemplo. Sin embargo, los encuestados expresaron que existen aún ciertos obstáculos importantes que deben enfrentar las mujeres.

Se les preguntó a los encuestados si es más fácil para una mujer terminar una carrera profesional, a lo que el 69% consideró que era igual de difícil para ambos sexos, sin embargo, por otra parte se expresó lo siguiente: “es más difícil para una mujer terminar una carrera profesional debido al machismo que hay en el hogar, para mi hubiera sido imposible terminar una carrera profesional, de no ser por mi madre que convenció a mi padre

para apoyarme hasta el final”. Con lo que podemos observar que todavía sobrevive en algunas familias mexicanas la idea de que si van a invertir en capital humano, lo mejor es hacerlo con los hombres.

Es interesante observar que el 100% de las mujeres encuestadas manifestaron su deseo de continuar sus estudios para obtener una maestría, lo anterior muestra, que el deseo de las mujeres por estar más preparadas ha determinado que poco a poco vayan accediendo a mejores sueldos y mejores puestos, así mismo, se reconoce cada vez más la importancia de la educación como elemento diferenciador y medio de acceso a mejores condiciones de vida, y para las mujeres la educación es una fuente de oportunidades donde pueden lograr limar las desigualdades de género. Asimismo, una característica que los egresados hombres expresaron de manera constante fue que las mujeres en general son más organizadas y responsables en el ámbito escolar. El 92% de los encuestados señaló que su jefe inmediato es un hombre, mientras que únicamente el 8% manifestó que tiene como jefa a una mujer (Fig 3).

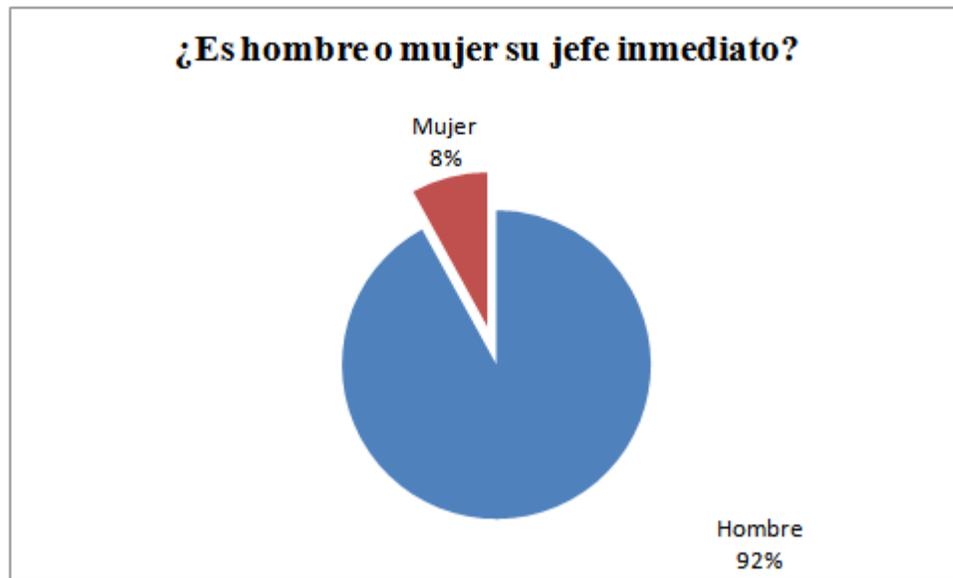


Fig 3. ¿Es hombre o mujer su jefe inmediato.

Lo anterior es en cierta medida, el resultado de la proporción de mujeres que estudian la carrera de ISC ya que en promedio únicamente el 17% de la matrícula escolar son mujeres, mientras que el 83% son hombres, es decir, es una profesión donde predomina el sexo masculino, lo que hace que naturalmente se encuentren en el mercado de trabajo mucho más hombres compitiendo por los puestos de trabajo. Algunas mujeres expresaron que hay algunas empresas que en los niveles directivos tienen cierta preferencia por los hombres y aún persiste en la sociedad la creencia de que los hombres son más capaces para las áreas de ingeniería.

Cabe señalar que, en México ocupamos el lugar 98 entre 134 economías de diferentes países en un comparativo sobre la brecha de los géneros, desarrollado por el Foro Económico Mundial (WEF) en el 2010, según el documento, la iniciativa privada en México no se ha abierto a la mayor participación femenina en sus puestos directivos, ya que casi una cuarta parte de los altos puestos directivos es ocupada por mujeres, es decir, 35.6% del total, y no hay una sola Chief Executive Officer (CEO).

En cuanto al nivel jerárquico del puesto de las mujeres encuestadas el 45% cuenta con un nivel técnico, el 8% un nivel administrativo y el 22% se encuentra en mandos medios. En comparación con los hombres, se cuenta con la siguiente información: el 51% manifestó tener un nivel jerárquico técnico, el 8% administrativo, un 5% como supervisor, el 23% en mandos medios, el 10% en puestos gerenciales y un 3% como socio.

Cabe señalar que de las mujeres encuestadas un 11% percibe un sueldo mensual de entre \$20,001 a \$25,000; el 22% tiene un sueldo de \$15,001 a \$20,000; el 33% tiene un sueldo de entre \$10,001 a \$15,000; el 11% tiene un sueldo que va de \$5,001 a \$10,000 y el 22% tiene un sueldo mensual de \$3,001 a \$5,000 (Fig 4).

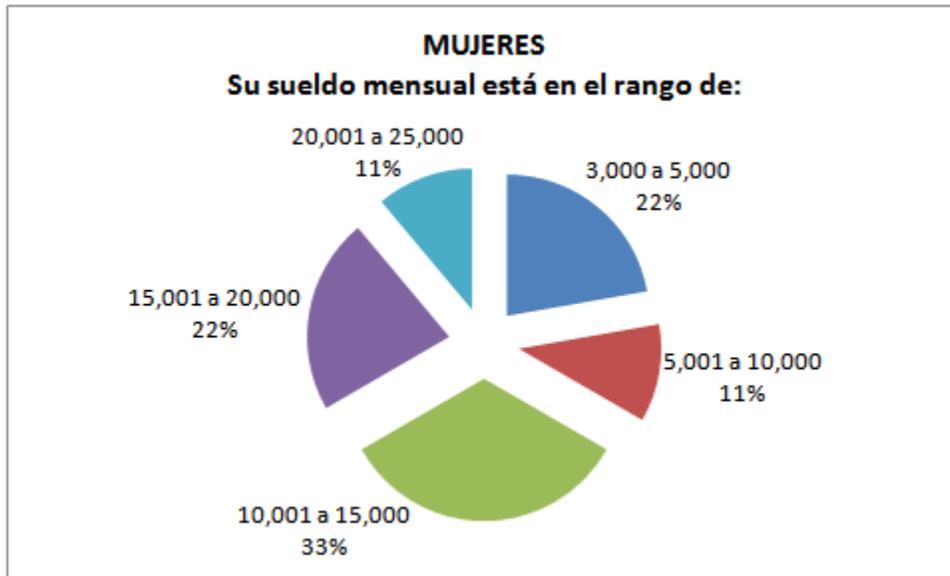


Fig 4. Sueldo mensual de la mujeres encuestadas.

En cuanto a los hombres, el 3% obtiene un sueldo mensual de \$40,001 a \$50,000; el 10% tiene un sueldo de \$30,001 a \$40,000; el 8% tiene un sueldo de \$25,001 a \$30,000; el 5% tiene un sueldo que va de \$20,001 a \$25,000; el 31% tiene un sueldo de \$15,001 a \$20,000; el 28% tiene un sueldo de \$10,001 a \$15,000; y el 13% tiene un sueldo mensual de \$5,001 a \$10,000 (Fig 5).

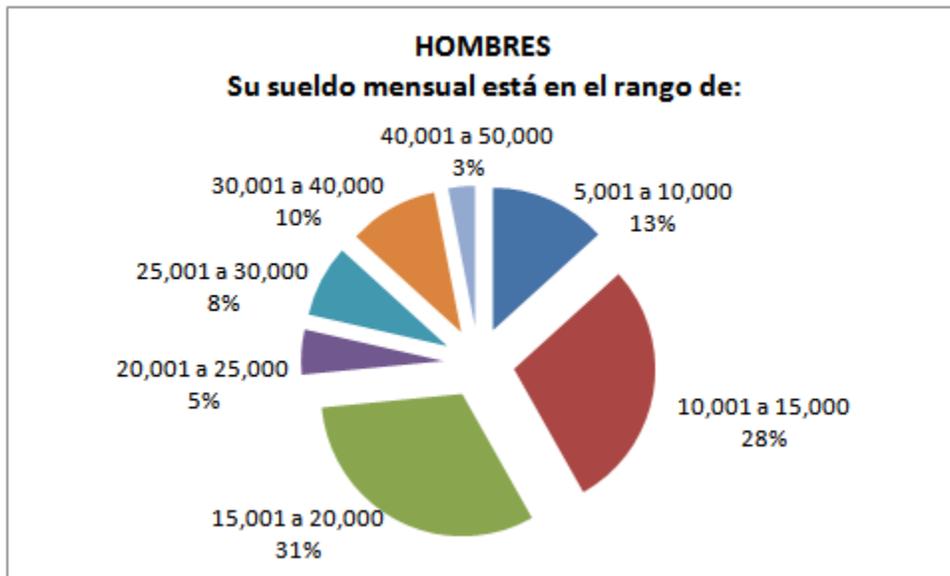


Fig 5. Sueldo mensual de los hombres encuestados.

De acuerdo a la encuesta, cuando se presenta un alto desempleo, las mujeres parecen estar más dispuestas a aceptar en su primer empleo sueldos menores, con el objetivo de lograr ascender niveles jerárquicos, una vez que logran colocarse dentro del mercado de trabajo. La ley establece una igual remuneración por trabajo de igual valor, sin embargo, al inicio de su experiencia profesional existe una cierta tendencia a que los hombres reciban una mejor remuneración que sus compañeras mujeres.

Otro factor que influye en una menor remuneración para las mujeres es la maternidad, debido a que en el momento en que tienen hijos, se ven en la necesidad de combinar tanto el aspecto familiar como profesional. Cabe señalar que de las mujeres encuestadas sólo una de ellas tiene hijos, habiendo expresado que había tenido que interrumpir en alguna ocasión su actividad laboral a causa de la maternidad, por lo que en ocasiones, las mujeres se ven obligadas a estar en un proceso de entrada – salida del campo laboral, lo cual repercute en adquirir menos experiencia y aceptar menores sueldos.

El 14% de los encuestados manifestó que no es igual el sueldo que perciben ambos géneros, mientras que el 2% señaló que en la empresa únicamente contratan hombres.

El 27% de los encuestados indicó que la estructura laboral de la empresa no contempla y concilia las responsabilidades laborales con aquellas que se derivan de la maternidad y la paternidad y el 10% expresó que la empresa condiciona la contratación o permanencia laboral de una mujer a la exhibición de un certificado de no gravidez o al compromiso de no embarazo. Las empresas buscan empleados que den resultados y al no responder a las demandas de un empleo de tiempo completo, las mujeres se ven obligadas a renunciar o son despedidas. La presión laboral se vuelve mayor en las mujeres con hijos, ya que al ser la responsable de la crianza, tiene que recurrir a un mayor número de ausencias en el trabajo. Esta necesidad de compaginar la familia con el trabajo hace que las mujeres en ocasiones se vean obligadas a aceptar o a elegir trabajos que les permitan conciliar sus responsabilidades familiares con las del empleo remunerado.

El 12% de los encuestados manifestaron que la empresa no valora imparcialmente las habilidades de mujeres y hombres que aspiran a ocupar puestos en los diferentes niveles de la institución, incluyendo los de mando y de dirección, manifestaron que en los niveles directivos sigue existiendo cierta preferencia por los hombres.

El 17% de los encuestados considera que en algún momento dentro de la empresa se ha llegado a presentar algún tipo de violencia, sea ésta verbal, física, psicológica o de naturaleza sexual y el 6% expresó que dentro de la empresa se llega a utilizar un lenguaje discriminatorio o excluyente, que implica un trato desigual u ofensivo para las mujeres y los hombres. Al ser un ambiente laboral donde predominan los hombres, esto provoca que los hombres se perciban consciente o inconscientemente como superiores a las mujeres y puedan surgir actitudes negativas como son el expresarse mal de las mujeres.

El 29% de los encuestados consideran que los hombres son los principales responsables de la manutención cotidiana de la familia, pues se considera un rol propio de los hombres, lo anterior nos muestra que socialmente, tanto hombres como mujeres siguen percibiendo la actividad laboral de la mujer no como obligatoria sino, de apoyo y solidaria.

Los encuestados expresaron que los principales obstáculos para que una mujer pueda sobresalir profesionalmente son:

- En algunas ofertas laborales aún siguen mostrando en las vacantes “ser hombre”.
- Se discriminan las ideas de las mujeres por ser de una mujer de quien provienen.
- Hay algunas empresas que requieren que los empleados salgan muy tarde, lo cual se considera más peligroso para las mujeres, por lo que se prefiere la contratación de hombres.
- En el área de sistemas, por lo general, se requiere estar más tiempo del establecido en el contrato, por lo que les resulta complicado compaginar las responsabilidades familiares con las profesionales.
- Generalmente, cuando se trata de una mujer con hijos, no fácilmente se les toma en cuenta para puestos de alto nivel jerárquico.
- Las mujeres tienen la obligación de ayudar en los quehaceres domésticos, mientras que los hombres no.

De acuerdo a su experiencia laboral, los encuestados consideran qué para alcanzar la equidad de género se requiere principalmente:

- Una cultura de igualdad.
- Reconocer la capacidad de las mujeres.
- Mayor número de mujeres en el área.
- Mayores oportunidades de acceso a niveles jerárquicos más altos.

Dentro de las características que se valoran en una mujer para lograr sobresalir en el ámbito profesional destacan las siguientes: capacidad de negociación, capacidad de dirigir, responsabilidad, perseverancia y creatividad.

## CONCLUSIONES

- En el IPN debemos seguir trabajando en el reconocimiento de la capacidad intelectual de las mujeres e incentivar su acceso a niveles más altos de escolaridad en todas las áreas del conocimiento.
- El ingreso de las mujeres a la carrera de ISC es todavía reducido, pero resulta relevante su presencia en el campo laboral.
- Las bondades de esta carrera permiten a las mujeres un gran número de oportunidades.
- Debemos trabajar en eliminar el sesgo que existe en la orientación escolar y profesional que se brinda a mujeres y hombres en la adolescencia, el cual motiva a que elijan carreras consideradas propias a su género.
- Existen aún ciertas tendencias discriminatorias hacia las mujeres, siendo el reto construir una sociedad que procure la equidad de género, entendida esta como la igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres.

## REFERENCIAS

- [1]. Saldaña Calderón, Carolina: *Factores que influyen en la orientación vocacional con un enfoque de género*. UNAM, México (2008).
- [2]. Urrutia, Elena: *Estudios sobre las mujeres y las relaciones de género en México: aportes desde diversas disciplinas*, El Colegio de México, México (2008).
- [3]. Rodríguez Mendoza, Nallelli: *La equidad de genero y el papel de la educación en la consolidación de nuevas practicas sociales*. UNAM, México (2006).
- [4]. Moral Nieto, Martha Rosa: *Mujer, Ingeniera y docente: triple reto para existir, convivir y desarrollarse profesionalmente en la facultad de Ingeniería de la UNAM*, México (2008).
- [5]. De Riz Liliana: *La mujer y el trabajo en México. Antología. Secretaría del Trabajo y Previsión Social*. 1ra edición, México (1986).

# *Curiosidades sobre la Criptografía en hechos que dejaron marca en el mundo.*

*Héctor Oviedo Galdeano, José Antonio López Toledo*

[hoviedo@ipn.mx](mailto:hoviedo@ipn.mx)      [jtoledo13@gmail.com](mailto:jtoledo13@gmail.com)

Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Adolfo López Mateos. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n. Edificio 1, 2do. Piso. 57296000 Ext. 54782

**RESUMEN.** En el presente artículo de divulgación se hace una semblanza de cómo la criptografía ha ido evolucionando a través del tiempo para ofrecer cada vez una mayor seguridad. Grandes personajes que intervinieron en la revolución mexicana cifraban sus mensajes empleando cada uno de ellos su propio código, entre estos están Porfirio Díaz y Carranza, anterior a ellos, en el siglo XIX, por ejemplo, José Mariano Michelena también recurría a esta técnica. Un caso interesante fue la aparición de la máquina Enigma, que durante la segunda guerra mundial fue usada por los alemanes para cifrar sus mensajes. También se recurrió al cifrado oral, como en el caso de los indios navajos utilizados por el ejército americano en la guerra del pacífico.

**PALABRAS CLAVES.** Criptografía, criptografía clásica, telegrama Zimmerman, Máquina Enigma

## **INTRODUCCIÓN**

Muchos de nosotros recordamos como nos emocionamos con la película “Juegos de guerra” que se estrenó en 1983. Vimos al jovencito David Lightman interpretado por el actor Matthew Broderick entrar sin saberlo a la red de computadoras del NORD (North American Aerospace Defense Command) y cree que la máquina a la que se ha conectado lo invita a un juego llamado “Guerra termonuclear global” lo que acepta gustoso sin pensar que estaba iniciando realmente una guerra termonuclear contra la URSS de alcances inimaginables. Afortunadamente como sucede en las películas se tuvo un final feliz<sup>[1]</sup>.

Parece increíble, pero el 26 de septiembre de ese mismo año estuvo a punto de iniciarse en la vida real y no en película, una guerra nuclear que pudo haber terminado con los seres humanos en el planeta. Por un error del sistema satelital ruso que detecta los ataques de misiles nucleares americanos se envió la señal de alarma indicando que cinco misiles nucleares americanos se dirigían a territorio soviético. El teniente coronel Stanislav Petrov estaba al frente del búnker Serpujov-15 desde donde se coordinaba la defensa aeroespacial rusa. Por esos días se vivía mucha tensión debido a que una semana antes los cazas soviéticos habían derribado un avión de pasajeros coreano con 269 personas a bordo encontrándose entre ellos varios pasajeros norteamericanos. Para fortuna nuestra, el coronel Petrov utilizó su sentido común y pensó que un ataque nuclear no se inicia con solo cinco misiles y prefirió esperar y ver lo pasaba. ¿Qué hubiera sucedido si reacciona como fue entrenado y dispara a su vez los misiles? Sus jefes se enojaron con él porque no procedió de acuerdo a las órdenes bajándolo de puesto y ocultaron el incidente. Este hombre salvó la vida de millones de seres humanos sino es que de toda la humanidad<sup>[2]</sup>.

Lo anterior nos hace pensar en lo vulnerable que pueden resultar los sistemas tecnológicos por avanzados que sean. Uno de estos sistemas son los de telecomunicaciones que presentan vulnerabilidad en cuanto a la seguridad. Son muchos los casos notificados de ataques a las redes cibernéticas por los llamados hackers. Un ejemplo es el del joven de secundaria entre los 15 y 16 años de edad que logró ingresar en las computadoras del Pentágono en Washington. Al cuestionar al joven los agentes de FBI se dieron cuenta que tenía un cómplice, un compañero de clase del colegio secundario Cloverdale High School, quien lo ayudaba a planear sus incursiones cibernéticas<sup>[3]</sup>. Otro caso es el de Gary McKinnon hacker Británico acusado por los E.U. de haber perpetrado “el mayor ataque informático militar de todos los tiempos” quien se introdujo ilegalmente a 100 redes y más de 300 computadores de la Nasa, el Ejército, la Marina, el Departamento de Defensa y la Fuerza Aérea estadounidense, dañando la red informática de defensa que estuvo fuera de servicio por casi una semana, puso en jaque los sistemas militares, robando cientos de contraseñas, elimino 1,300 cuentas de usuario. Si es procesado puede alcanzar hasta 70 años de cárcel<sup>[4]</sup>.

A principios de febrero del 2010 John Chipman, director del Instituto Internacional de Estudios Estratégicos (IISS por sus siglas en inglés) informó que “con el uso de computadoras, una potencia extranjera puede inutilizar la infraestructura de un país, atacar la integridad de los datos militares internos de otra nación, intentar confundir sus transacciones financieras o lograr cualquiera de sus otros posibles objetivos”, esto es, un ataque cibernético coordinado y masivo, y no el clásico lanzamiento de misiles, puede marcar el comienzo de las guerras en el futuro<sup>[5]</sup>.

Como se ve, la seguridad informática y de telecomunicaciones es una gran preocupación a nivel mundial. Existe una lucha diaria entre los responsables de la seguridad de los sistemas y los que tratan de violarla.

## CRIPTOGRAFÍA CLÁSICA.

Una herramienta utilizada por los expertos en seguridad es la criptografía que es el arte o ciencia de enviar mensajes de manera escondida, de tal manera que sólo un destinatario autorizado, es decir, que cuente con la clave puede conocer el contenido del mensaje, por lo cual puede permitir el intercambio de información entre ellos <sup>[6]</sup>. Se tienen indicios de mensajes cifrados en jeroglíficos egipcios que datan de más de 4500 años. Los griegos en el siglo V A.C. durante la guerra entre Atenas y Esparta utilizaban el escítalo que consta de un rodillo de longitud y grosor determinado en donde el cifrado se basaba en la alteración del mensaje original introduciendo símbolos innecesarios que desaparecían al enrollar el mensaje en un rodillo. Si se interceptaba el mensaje era muy difícil descifrarlo si no se conocían el grosor y la longitud del rodillo <sup>[7]</sup>, en la (fig. 1) se observa un claro mensaje que es *SECRETOS* si se rota se podrá identificar el siguiente mensaje y así sucesivamente.

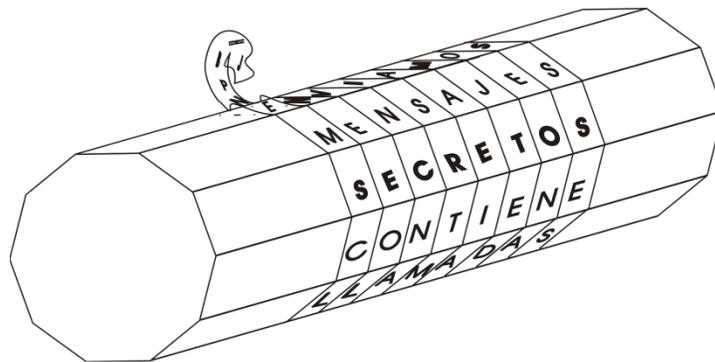


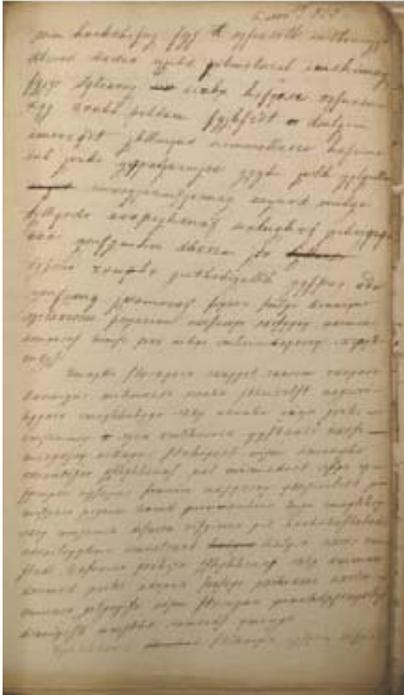
Fig. 1 Escítalo

El académico griego Polybius (203-120 A.C.) usó una tabla para cifrar sus mensajes la cual consiste de cinco filas y cinco columnas. En cada cuadro formado por una fila y una columna se coloca una letra del alfabeto. El mensaje cifrado se envía por medio de las parejas formadas por el número de fila y el número de columna.

Se sabe de un libro de criptografía militar que desgraciadamente se ha extraviado que se cree utilizaba Julio Cesar. También se dice que usaba un corrimiento de tres lugares del alfabeto para cifrar los mensajes, por ejemplo a la A le correspondía la letra D, a la B le correspondía la letra E y así sucesivamente. Esto se conoce como sustitución simple.

## **CRIPTOGRAFÍA CLÁSICA EMPLEADA POR PERSONAJES NOTABLES EN MÉXICO.**

Respecto a la criptografía en el nuevo mundo y en particular en México, se sabe que en el año 1500, el gobernador Francisco de Bobadilla remitió a los Reyes Católicos diversas cartas cifradas enviadas por Cristóbal Colón a su hijo Diego, en las que le recomendaba como debía ser su conducta en caso de que el comisionado del rey le encarcelase. Se conoce una carta cifrada que Hernán Cortés envió desde Cuernavaca el 25 de junio de 1532 y que en la actualidad se conserva en el Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía de México. En la elaboración de este criptograma, considerado como uno de los más antiguos del Nuevo Mundo, Cortés utiliza sustituciones homofónicas<sup>1</sup> monoalfabéticas<sup>2</sup>, mediante las cuales cada letra era representada por dos o tres símbolos, tanto literales como numéricos. El mismo método aplicó en la carta que escribe desde el Puerto de Santiago el 20 de junio de 1532, y cuyo original obra en los autos seguidos en 1546 por el licenciado Francisco Núñez contra el marqués del Valle, por pago de devengados. En general los virreyes, los miembros de las órdenes religiosas y los particulares usaron durante la Colonia la criptografía por sustitución simple para sus comunicaciones ya sea entre poblaciones del nuevo mundo o con la península. Por ejemplo, se conoce, entre otras la carta que el virrey de Nueva España Luis de Velasco envía desde Cholula el 18 de octubre de 1550 al rey Carlos V la cual contiene caracteres cifrados en diversos fragmentos de la misma. Era tan común el uso de la criptografía entre particulares que hubo intentos de prohibirla por temor a que los inconformes se comunicaran entre ellos e intentaran levantarse sin que la autoridad se percatase por no entender sus mensajes. Ya en 1818 el virrey Ruiz de Apodaca envió cartas a la península encriptadas. Durante la guerra de independencia era conocido que los criollos en diversas ciudades y que estaban dentro de la conspiración usaban la criptografía para sus comunicaciones, desgraciadamente no se han encontrado documentos de Hidalgo o Morelos que estén cifrados pero no es difícil pensar que usaban la criptografía para intercambiar mensajes<sup>[8]</sup>. Años después, ya en el México independiente, don José Mariano Michelena representando al gobierno mexicano ante la corona inglesa, viajó a Londres en 1824 como agente confidencial para la firma de tratados comerciales. Los informes que presentó al Secretario del Despacho de Relaciones Interiores y Exteriores don Lucas Alamán fueron en forma cifrada, utilizando el llamado método de sustitución poli alfabético, el cual se detalla más adelante. Como un ejemplo, se tiene la carta del 6 de noviembre de 1824 (fig. 2) donde Michelena le reporta los resultados sobre las estrategias seguidas frente a los representantes diplomáticos de Argentina, Colombia y Chile. Un fragmento de la carta contiene el siguiente mensaje cifrado<sup>[9]</sup>:



*Mm hxehrhcfug fsgf rxfuxsrtb imtbonmgqr dlzuod didd  
 zd igjuld pxlmtznxl imshimo fgjqx sqlceroy iibx  
 hxfqxse rxfuxse xqg zxubx pxltem fyjbfzdt dmlgem imr  
 ozqdtjblmqns nommollescvc hxfiimi ixl jvihi yqpaljaz  
 mjee yqyhi jvlh yqlgilla imvayqezmfqvmoy aayuvd  
 milge tjllqrdr avr pighsnxf uxluvhvf*

Fig 2. Carta del 6 de noviembre de 1824<sup>[9]</sup>

El texto del fragmento anterior descifrado es el siguiente.

*“He comunicamo (sic) a los ministros de colombia  
 Y chile y al que dirige los asuntos de buenos  
 Ayres mis pasos dados con este ministe  
 rio todos los han aprobado y estan  
 de acurdo (sic) Estamos igualmente conveni  
 dos en que si ynglaterra sigue en su sistema  
 De entretenernos urgire hasta obtener una decision positiva”*

Como se mencionó, el tipo de criptosistema que utilizó Michelena es de sustitución polialfabética<sup>3</sup>, atribuido a Blaise de Vigenère el cual es un agregado de cifras monoalfabéticas<sup>4</sup> del modelo de sustitución inventado por Julio César.

En la tabla 1 se muestra la sustitución polialfabética<sup>[9]</sup>. Supongamos que deseamos enviar por ejemplo, la palabra “SECRETOS” la cual tiene una longitud de 8 letras. Escogemos una palabra clave para que nos indique el orden de selección de los alfabetos de la tabla, esta puede ser de cualquier longitud, en nuestros ejemplos hemos elegido la palabra “HOGAR”.

Tabla 1.- Criptografía diplomática mexicana <sup>[9]</sup>

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A
C	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B
D	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C
E	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D
F	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
G	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F
H	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G
I	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H
J	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I
K	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
L	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
M	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
N	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
O	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
P	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Q	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
R	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
S	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
T	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
U	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
V	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
W	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
X	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Y	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Z	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y

Como se aprecia en la tabla 2 el mensaje cifrado resultante es “ZSIRVACY” el cual es ininteligible. Observe que la clave en nuestro ejemplo tiene una longitud de 5 letras, por lo que se tiene que repetir las veces que sean necesarias para cubrir la longitud de cada renglón de texto del mensaje.

Tabla2.- Ejemplo de un mensaje cifrado de Vigenère.

MENSAJE	S	E	C	R	E	T	O	S
CLAVE	H	O	G	A	R	H	O	G
CIFRADO	Z	S	I	R	V	A	C	Y

Se sabe que durante la guerra de Reforma y el imperio de Maximiliano, tanto liberales como conservadores mantenían correspondencia cifrada, pero desgraciadamente no encontramos un ejemplo para mostrar. En el siglo XX, Porfirio Díaz utilizó los métodos de sustitución para comunicarse con gobernadores y jefes militares importantes. Su secretario particular, Don Rafael Chousal, fue el encargado de seleccionar los métodos criptográficos que se deberían usar. El método de sustitución simple, consiste en que cada uno de los caracteres de un alfabeto se sustituye por una cadena de símbolos numéricos, para descifrarlo, cada entero es sustituido por la letra correspondiente, este tipo de sistema criptográfico al ser el más simple tiene gran vulnerabilidad ya que con mucha facilidad se puede deducir cual es la regla de sustitución, como un ejemplo de sustitución directa o simple se tiene la tabla mostrada abajo y es la que usó don Porfirio.<sup>[10],[11]</sup> Se desea transmitir el texto “HOLA A TODOS”. De acuerdo a la tabla, el mensaje encriptado resulta:  
4 18 20 11 11 22 18 12 18 26.

A	B	C	CH	D	E	F	G	H	I	J	K	L	LL	M
11	9	10	23	12	19	1	27	4	28	7	16	20	6	17
N	Ñ	O	P	Q	R	RR	S	T	U	V	W	X	Y	Z
3	30	18	24	15	13	21	26	22	14	8	5	29	25	2

Para hacerlo menos vulnerable, se le puede asignar a cada símbolo varios números como se muestra en la siguiente tabla:

A	11	21	31
B	79	89	99
C	10	20	30
CH	71	81	91
D	48	58	68
E	19	29	39
F	41	51	61
G	18	28	38
H	17	27	37
I	13	23	33
J	47	57	67
K	44	54	64
L	14	24	34
LL	40	50	60
M	78	88	98

N	75	85	95
Ñ	70	80	90
O	16	26	36
P	49	59	69
Q	46	56	66
R	43	53	63
RR	15	25	35
S	72	82	92
T	74	84	94
U	12	22	32
V	77	87	97
W	45	55	65
X	42	52	62
Y	76	86	96
Z	73	83	93

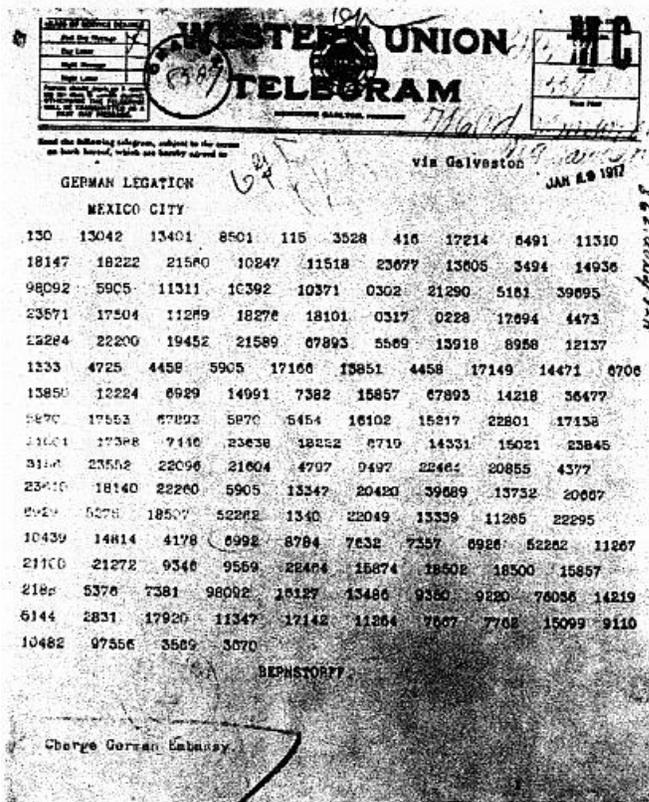
Para el mismo ejemplo, ahora el texto cifrado resulta 27 36 14 22 11 94 16 68 16 92

Al iniciarse la Primera Guerra Mundial, el káiser Guillermo II había prometido una victoria rápida sobre Inglaterra, como no lo estaba logrando recurrió a la llamada “guerra marítima sin restricciones” que consistía en que cualquier barco de guerra o mercantil, enemigo o neutral, encontrados alrededor de las costas de Inglaterra sería hundido. Uno de esos barcos fue el trasatlántico de lujo inglés Lusitania que fue hundido por submarinos alemanes el 26 abril de 1915, lo que provocó que el 6 de abril de 1917 EEUU le declarara la guerra a Alemania. En un intento de evitar que los norteamericanos entraran a la guerra, los alemanes le ofrecieron al presidente mexicano Venustiano Carranza ayudarlo a reconquistar los territorios arrebatados a México durante la guerra de 1848 si México le declaraba la guerra a EEUU.

## EL TELEGRAMA ZIMMERMAN

El 16 de Enero de 1917, Arthur Zimmerman, Secretario de Relaciones Exteriores Alemán, telegrafió al embajador de su país en los Estados Unidos, Johann von Bernstorff, el ofrecimiento a Carranza descrito anteriormente mediante un mensaje cifrado utilizando (fig. 3) el código conocido como “0075”. El embajador en EEUU lo retransmite a su colega en la Ciudad de México Heinrich Von Eckhardt pero con un código diferente, el “13040”, los criptógrafos descifraron primeramente fragmentos del telegrama que usó el código 0075, pero cuando se retransmitió con el código “13040” lo pudieron descifrar completamente. Se conocía como “cuarto 40” a la sección encargada de descifrar los mensajes. Este grupo de criptógrafos había tenido mucha suerte cuando un pescador ruso atrapó en sus redes un pesado libro que contenía el código secreto criptográfico que les permitía descifrar los mensajes. Este libro procedía del barco de guerra alemán

Magdeburg hundido frente a las costas de Finlandia. El libro contiene listas en donde se relacionan una cifra a un texto<sup>[12],[13],[14]</sup>



El mensaje descifrado dice lo siguiente:<sup>[14]</sup>

Nos proponemos comenzar el primero de febrero la guerra submarina, sin restricción. No obstante, nos esforzaremos para mantener la neutralidad de los Estados Unidos de América.

En caso de no tener éxito, proponemos a México una alianza sobre las siguientes bases: hacer juntos la guerra, declarar juntos la paz; aportaremos abundante ayuda financiera; y el entendimiento por nuestra parte de que México ha de reconquistar el territorio perdido en Nuevo México, Texas y Arizona. Los detalles del acuerdo quedan a su discreción [de Von Eckardt].

Queda usted encargado de informar al presidente [de México] de todo lo antedicho, de la forma más secreta posible, tan pronto como el estallido de la guerra con los Estados Unidos de América sea un hecho seguro. Debe además sugerirle que tome la iniciativa de invitar a Japón a adherirse de forma inmediata a este plan, ofreciéndose al mismo tiempo como mediador entre Japón y nosotros.

Haga notar al Presidente que el uso despiadado de nuestros submarinos ya hace

previsible que Inglaterra se vea obligada a pedir la paz en los próximos meses.

Fig 3. Telegrama Zimmerman cifrado<sup>[14]</sup>

Durante la segunda Guerra Mundial los alemanes y las Potencias del Eje utilizaron la máquina Enigma para encriptar sus mensajes (fig. 4), esta era un dispositivo electromecánico cuyo creador fue el alemán Arthur Scherbius quien fundó la empresa Chiffriermaschinen Aktien Gesellschaft en Berlín poniendo a la venta la primera versión comercial, la Enigma-A en 1923, siendo su finalidad facilitar la comunicación de documentos entre comerciantes y hombres de negocios de forma secreta. Hubo tres versiones comerciales y la más importante fue Enigma-D en 1926.<sup>[15],[16]</sup>



Fig 5. Máquina enigma <sup>[15]</sup>



Fig 4. Soldados operando la Máquina

Enigma <sup>[16]</sup>

## TRANSMISIÓN DE MENSAJES CON LA MÁQUINA ENIGMA.

La máquina Enigma consiste de las teclas que son interruptores eléctricos, un engranaje mecánico y un panel de luces con las letras del alfabeto (Fig. 5). El funcionamiento de esta máquina es similar al de una máquina de escribir mecánica. En el interior de la máquina se podían introducir varios rotores ya que existen ranuras para esto; los **rotors** cambiaban una letra por otra (fig. 5). Los contactos de salida de un rotor se conectaban a los contactos de entrada del rotor siguiente.

Uno de los últimos mensajes codificado por la máquina Enigma fue enviado por un submarino, el cual se logró descifrar hasta el mes de Febrero de 2006 y fue gracias a la ayuda del “Proyecto-M4”. El mensaje decía así <sup>[16]</sup>:

*nczwwvux pnyminhz xmqxfwx wlkjahsh nmcocca kuqpmkscm hkseinjus blkiosxck ubhmlxcs jusrrdvko  
hulxwccbg vliyxeoahx rhkkfvd rewezlxo bafgyujqkg rtvukameu rbveksuh hvoyhbcj wmaklfkl myfvrizrv  
vrtkofdanj molbgffl eoprgtflvr howopbekv wmuqfmpw parmfhagkxiibg*

Una vez descryptado:

*Señal de radio 1132/19. Contenido: Forzados a sumergirnos durante ataque, cargas de profundidad. Última localización enemiga: 8:30h, cuadrícula AJ 9863, 220 grados, 8 millas náuticas. [Estoy] siguiendo [al enemigo]. [El barómetro] cae 14 milibares. NNO 4, visibilidad 10*

Por otro lado, los norteamericanos utilizaron un método de cifrado oral durante la guerra en el pacífico contra los japoneses. Dado que solamente 30 personas en el mundo además de los navajos hablaban su lengua, la que no tiene escritura siendo todos ellos norteamericanos, la marina enlistó a 200 navajos para que sirvieran de encriptadores y descryptadores de mensajes orales. La idea fue de Philip Johnston que hablaba con fluidez esta lengua dado que era hijo de un misionero que predicaba entre los navajos. <sup>[17]</sup>.

Después de estos sucesos, la criptografía ya no se consideraba un arte que solo resultaba útil a los políticos y militares, y se empezó a considerar una ciencia. En 1949, C.E. Shannon, padre de la teoría de la información utilizó la criptografía para establecer la base teórica de esta ciencia que estudia la escritura oculta, la criptografía hizo suyo el problema de la transmisión de claves y buscó soluciones para poder transmitir textos cifrados sin tener necesidad de intercambiar claves legibles, existen claves privadas y públicas que ayudan a enfrentar este tipo de problema. Un sistema de clave privada o simétrica es aquel que utiliza la misma clave para el cifrado y el descifrado del mensaje, esto quiere decir que la clave la deben de tener tanto el emisor como el receptor.

Los cifrados asimétricos o de clave pública, consiste en que cada usuario posea un par de claves, una pública y una privada. Si quiero enviar un mensaje por ejemplo a la persona A, el procedimiento sería el siguiente, se encripta el mensaje según la clave de la persona A, que es pública, en el sentido de que cualquiera puede conocerla, pero sólo la persona A, con su clave privada, la puede descifrar. Entre otras, una de las ventajas de este método es que la clave secreta de la persona A, la privada, nunca circula por los medios de comunicación y, por tanto, no es necesario renovarla constantemente.

La criptografía es la disciplina matemática, las matemáticas proporciona la justificación teórica de la fortaleza de un algoritmo o protocolo particular, esta disciplina ha ido creciendo con los años para enfrentar una mejor fortaleza para la seguridad de la información, aunque no siempre nos permita demostrar la seguridad que presenta los algoritmos, lo que si nos puede proporcionar es un medio para investigar sistemáticamente su seguridad<sup>[15],[6]</sup>.

<sup>1</sup>Las palabras que se pronuncian igual, pero se escriben de forma diferente se llaman homófonas.

<sup>2</sup>En la sustitución monoalfabética, también conocida como sustitución simple, se sustituye cada uno de los caracteres del texto original por otro, de acuerdo con una tabla pre-establecida, para obtenerse el texto cifrado. Como consecuencia, la frecuencia de ocurrencia de las letras (números o símbolos) del mensaje cifrado es la misma que la frecuencia de ocurrencia de las letras de la lengua usada en el mensaje original.

<sup>3</sup>Sustitución polialfabética es cuando se utilizan múltiples alfabetos.

<sup>4</sup>cifras monoalfabéticas es donde cada letra del texto en claro es sustituida por otra letra en el texto cifrado.

## REFERENCIAS.

- [1] [http://es.wikipedia.org/wiki/Juegos\\_de\\_guerra](http://es.wikipedia.org/wiki/Juegos_de_guerra)
- [2] <http://noticiasinteresantes.blogcindario.com/2007/10/00906-stanislav-petrov-el-hombre-que-evito-un-holocausto-nuclear.html>
- [3] <http://edant.clarin.com/diario/1998/02/28/i-03401d.htm>
- [4] <http://www.nodo50.org/tortuga/Gary-McKinnon-un-hacker-o-un>
- [5] [http://www.abc.es/hemeroteca/historico-04-02-2010/abc/Internacional/los-proximos-conflictos-empezaran-con-un-ataque-cibernetico-masivo\\_1133530440627.html](http://www.abc.es/hemeroteca/historico-04-02-2010/abc/Internacional/los-proximos-conflictos-empezaran-con-un-ataque-cibernetico-masivo_1133530440627.html)
- Pino Caballero Gil. “*Algunos hitos de la criptografía del siglo XX*”
- [6] <http://www.sinewton.org/numeros/numeros/43-44/Articulo82.pdf>
- [7] <http://personal.telefonica.terra.es/web/jms32/Cifra/CodSecretos/Cap01/Cap01.html>
- Galende Díaz Juan Carlos “*Sistemas criptográficos empleados en Hispanoamérica*”
- [8] <http://revistas.ucm.es/ghi/11328312/articulos/RCHA0000110057A.PDF>
- Narváez Roberto “*La Criptografía Diplomática Mexicana en la Primera Mitad del siglo XIX*”
- [9] [http://www.ucm.es/info/documen/articulos/art\\_sexta/004.pdf](http://www.ucm.es/info/documen/articulos/art_sexta/004.pdf)
- José de Jesús Ángel Ángel y Guillermo Morales-Luna “*Breve descripción de la Criptografía en la Revolución Mexicana*”
- [10] <http://www.revista.unam.mx/vol.9/num3/art18/art18.pdf>

José de Jesús Angel Angel y Guillermo Morales-Luna “*Algunos Sistemas Criptográficos durante la Presidencia de Porfirio Díaz*”  
[11] <http://computacion.cs.cinvestav.mx/~jjangel/histo/PD.pdf>

Bernardo Fernández Bef “*El telegrama Zimmermann*”

[12] <http://www.bicentenario.gob.mx/bdb/bdbpdf/NBNM/R/22.pdf>

Juan Ramón Jiménez de León “*Telegrama Zimmermann*” [13] <http://yumka.com/docs/zimmermann.pdf>

[14] [http://es.wikipedia.org/wiki/Telegrama\\_Zimmermann](http://es.wikipedia.org/wiki/Telegrama_Zimmermann)

[15] [http://www.ciencias.iesbezmiliana.org/revista/index.php?option=com\\_content&task=view&id=37&Itemid=26&limit=1&limitstart=1](http://www.ciencias.iesbezmiliana.org/revista/index.php?option=com_content&task=view&id=37&Itemid=26&limit=1&limitstart=1)

[16] <http://wanlinksniper.blogspot.com/2009/06/alan-matison-turing.html>

[17] <http://es.wikipedia.org/wiki/Navajo>

## *Instrucciones para los autores*

Los artículos que se someten a **RISCE** deben contener resultados inéditos y originales, no haber sido publicados con anterioridad ni haber sido sometidos simultáneamente a otra revista científica. Si el artículo ha sido presentado, sometido o publicado en alguna otra parte, deberá informarse al coordinador editorial. Los artículos deben ajustarse a las siguientes especificaciones:

- Idioma Inglés (anexar un resumen y palabras clave en español)
- Idioma Español (anexar un resumen y palabras clave en Inglés)
- Procesador de texto admitido: MS-Word.
- Tamaño de página: carta, utilizar un solo lado de la hoja. Máximo 10 páginas.
- Márgenes: izquierdo 2.5 cm y derecho 2 cm., superior 2.5 cm e inferior 2.5 cm.
- Autores: primer nombre seguido de los dos apellidos (sin abreviaturas), abajo: afiliación y e-mail.
- Tipo de letra del texto regular: Times o Times New Roman de 10 pt (título original 22 pt; secciones 11.5 pt, subsecciones 11.5 pt, en negritas).
- Texto: a una columna y con espaciado sencillo (renglón seguido).
- Resumen/Abstract: entre 70 y 150 palabras, colocado al principio del texto, seguido del de Español o inglés según sea el caso.
- Palabras clave/Keywords: colocadas después del resumen en negritas, y no más de 10.
- Imágenes y fotografías: deben ser de alta calidad, con colores bien definidos y contrastantes, en mapa de bits (no sectorizadas) en formato JPG e incrustadas en el texto de forma que se puedan manipular independiente.
- Fórmulas: Deberán de presentarse en formato de tabla sin bordes, centradas y la numeración de c/u justificada a la derecha con negritas en mapa de bits, no vectorizadas.
- Pies de figura. Deben mencionarse dentro del texto y numerarse de manera consecutiva con un tipo de letra Times New Roman 9 puntos
- Cabecera de tabla. Deberá presentarse en la parte superior de la tabla un numeración consecutiva y descripción con tipo de letra Times New Roman 9
- Referencias:

En cualquier caso el nombre del autor del artículo o publicación web deberá mostrarse al principio. Deberán ordenarse conforme aparezcan dentro del texto encerradas entre paréntesis cuadrado —[ ]—. A continuación algunos ejemplos:

- [1]. Baldonado, M., Chang, C.-C.K., Gravano, L., Paepcke, A.: The Stanford Digital Library Metadata Architecture. *Int. J. Digit. Libr.* 1 (1997) 108–121
- [2+]. Bruce, K.B., Cardelli, L., Pierce, B.C.: Comparing Object Encodings. In: Abadi, M., Ito, T. (eds.): *Theoretical Aspects of Computer Software. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1281. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1997) 415–438
- [3]. van Leeuwen, J. (ed.): *Computer Science Today. Recent Trends and Developments. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1000. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1995)
- [4]. Michalewicz, Z.: *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*. 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1996)

### **Instrucciones:**

Enviar el archivo en extenso a la siguiente dirección electrónica: [ebustosf@gmail.com](mailto:ebustosf@gmail.com)

Los revisores técnicos le harán llegar sus observaciones y modificaciones, las cuales deberá realizar y reenviar el archivo corregido al correo arriba mencionado.

El comité editorial se comunicará mediante correo electrónico indicándole la aceptación o rechazo del artículo.

Se le solicitará autorización para publicación; en caso de aceptar se le indica la cuenta donde debe hacer el depósito por cobro de publicación y el costo, el cual no debe exceder de \$1000.00 pesos mexicanos.

**Reserva de Derechos 04-2008-062613190500-203**